

**RAVITSEMUKSEN VAIKUTUS MAKSIMIVOIMAN JA LIHAKSEN
POIKKIPINTA-ALAN MUUTOKSEEN VOIMAHARJOITTELUJAKSON AIKANA**

Robin Saastamoinen

Liikuntafysiologian pro gradu -tutkielma

Liikuntatieteellinen tiedekunta

Jyväskylän yliopisto

Kevät 2024

TIIVISTELMÄ

Saastamoinen, R. 2024. Ravitsemuksen vaikutus maksimivoiman ja lihaksen poikkipinta-alan muutokseen voimaharjoittelujakson aikana. Liikuntatieteellinen tiedekunta, Jyväskylän yliopisto, Liikuntafysiologian pro gradu -tutkielma, 78 s, 5 liitettä.

Voimaharjoittelulla on merkittäviä positiivisia vaikutuksia terveydelle ja hyvinvoinnille kaikenikäisillä. Säännöllisen voimaharjoittelun myötä elimistössä tapahtuu niin hermostollisia kuin rakenteellisiakin muutoksia, jotka selittävät lihasvoiman ja lihaksen kasvua. Ravitsemus niin ikään tukee ihmisen terveyttä ja hyvinvointia. Sen lisäksi sillä on vaikutusta säännöllisen voimaharjoittelun seurauksena ilmentyviin adaptaatioihin. Yksilölliset eroavaisuudet voimaharjoittelun adaptaatioissa voivat olla suuria, mutta käsitystä näihin vaikuttavista tekijöistä ei juuri ole. Tutkimuksen tarkoitus on selvittää ravitsemuksen vaikutuksia maksimivoiman ja lihaksen poikkipinta-alan muutoksiin ja tarkastella, selittävätkö ravitsemukselliset tekijät yksilöiden välisiä eroja adaptaatioissa.

Tutkimus koostui 12 viikon voimaharjoittelujaksosta sekä alku- ja loppumittauksista. Tutkittavat (n = 174) olivat iältään $36 \pm 6,4$ -vuotiaita, eikä heillä ollut aiempaa kokemusta systemaattisesta voimaharjoittelusta. Tutkimuksessa mitattiin horisontaalisen jalkaprässin yhden toiston maksimi (1 RM) ja vastus lateralis -lihaksen poikkipinta-ala (VL CSA) ultraäänellä alku- ja loppumittauksissa. Ravitsemuksellisia muuttujia tarkasteltiin viiden eri kyselyn avulla sekä energiansaantia kehon painon muutoksella.

VL CSA ja 1 RM kasvoivat tilastollisesti merkitsevästi keskimäärin $13,7 \pm 5,0$ % ($p < 0,001$) ja $19,2 \pm 9,4$ % ($p < 0,001$). Ravitsemuksellisista muuttujista mikään muuttuja ei ollut yhteydessä 1 RM muutokseen, poikkeuksena naiset, joilla korkeampi pistemäärä EDE-Q syömisen rajoittaminen -osiosta yhdistyi pienempään 1 RM:n muutokseen ($r = -0,210$, $p = 0,025$). Suurempi kasvisten käyttötiheys ($-0,213$, $p = 0,006$) ja korkeampi pistemäärä ruokavalioindeksistä ($r = -0,211$, $p = 0,006$) yhdistyivät heikompaan VL CSA:n muutokseen. Lisäksi suurempi kehon painon muutos yhdistyi suurempiin muutoksiin sekä 1 RM:ssa ($r = 0,166$, $p = 0,029$) että VL CSA:ssa ($r = 0,399$, $p < 0,001$). Tutkittavien jako VL CSA:n suhteellisen muutoksen perusteella kolmeen ryhmään kehittyneisyyden mukaan osoitti, että korkean kehityksen ryhmässä kasvisten käyttötiheys oli pienempää kuin muissa ryhmissä ($p = 0,013$). Lisäksi kohtalaisen ja korkean kehityksen ryhmissä kehon paino kasvoi harjoitusjakson aikana, kun taas matalan kehityksen ryhmässä ei havaittu muutosta ($p < 0,001$).

Harjoittelemattomilla aikuisilla ravitsemuksen vaikutus 1 RM:n tai VL CSA:n muutoksen voimaharjoittelun alkuvaiheessa on vähäinen. 1 RM:n ja VL CSA:n muutoksissa havaittiin kuitenkin yksilöiden välillä suurta vaihtelua. Ryhmien välillä vain kasvisten käyttötiheys ja kehon painon muutos erosivat. Näin ollen muutoksia voimaharjoittelun adaptaatioissa harjoitusjakson alkuvaiheessa selittänevät suuremmalta osin muut tekijät kuin ravitsemus. Havaitut yhteydet VL CSA:n muutoksen ja kehon painon, kasvisten käytön ja ruokavalioindeksin välillä olivat heikkoja, mutta ne voivat antaa viitteitä siitä, että liian suuri määrä matalan energiantihyden elintarvikkeita voi heikentää lihashypertrofiaa.

Asiasanat: ravitsemus, voimaharjoittelu, LEAF-Q, LEAM-Q, EDE-Q, ruoankäyttökysely, ruokavalioindeksi.

ABSTRACT

Saastamoinen, R. 2024. Effect of nutrition on changes in muscle strength and muscle cross-sectional area during resistance training, University of Jyväskylä, master's thesis, 78 pp. 5 appendices.

Resistance training has significant positive effects on health and well-being regardless of age. In addition, resistance training is also an essential part of maintaining and developing physical performance. With regular resistance training, both neural and structural changes occur, which explain the increase in muscle strength and muscle growth. Nutrition as well supports human health and well-being. It also has a significant impact on the adaptations that occur as a result of regular resistance training. Individual differences in resistance training adaptations can be large, but there is little understanding of the factors that influence these differences. The aim of this study is to investigate the effects of nutrition on changes in muscle strength and muscle cross-sectional area and to examine whether nutritional factors explain the differences in interindividual adaptations.

The study consisted of a 12-week resistance training period and pre and post measurements. Participants ($n = 174$) were aged 36 ± 6.4 years with no previous experience of systematic resistance training. One repetition maximum (1 RM) of the horizontal leg press and the vastus lateralis muscle cross-sectional area (VL CSA) by ultrasound was measured pre and post. Nutritional variables were assessed using five different questionnaires.

On average, the VL CSA increased by a 13.7 ± 5.0 % ($p < 0.001$) in the whole study group. The 1 RM increased by an average of 19.2 ± 9.4 % ($p < 0.001$). None of the nutritional variables was found to be associated with the change in 1 RM, except for the EDE-Q eating restriction scoring section in women ($r = -0.210$, $p = 0.025$). Changes in VL CSA correlated with vegetable intake frequency ($r = -0.213$, $p = 0.006$) and health diet index ($r = -0.211$, $p = 0.006$). The division of participants into three groups according to the relative change in VL CSA showed that the high-responders had lower frequency of vegetable intake than the low- and moderate-responders ($p = 0.013$). Also, positive correlation between body weight change, 1 RM ($r = 0.166$, $p = 0.029$) and VL CSA ($r = 0.399$, $p < 0.001$) were observed. In addition, differences in body weight change were also observed between the groups (VL CSA), while moderate and high-responders gained weight whereas the low-responders did not ($p < 0.001$).

In untrained young and middle-aged adults, the effect of nutritional factors on changes in muscle strength or muscle CSA early in the resistance training period is small. However, the interindividual variability in the change in 1 RM and VL CSA was large. Nutritional factors did not differ between low-, moderate- and high-responders, except the vegetable intake and body weight change. Thus, changes in adaptations to resistance training early in the training cycle seem to be largely explained by factors other than nutrition. The associations found in this study between frequency of vegetable intake, health diet index and body weight change with change in VL CSA were weak and should be viewed with caution but may suggest that too high amount of low energy density food may decrease muscle hypertrophy adaptations. The results are more suggestive of further research.

Key words: nutrition, resistance training, LEAF-Q, LEAM-Q, EDE-Q, food frequency questionnaire (FFQ), health diet index (HDI).

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	1
2	VOIMAHARJOITTELUN VAIKUTUKSET HERMOLIHASJÄRJESTELMÄÄN	2
2.1	Hermostolliset adaptaatiot	2
2.2	Rakenteelliset adaptaatiot	4
3	RAVITSEMUS.....	9
3.1	Pohjoismaiset ravitsemussuositukset.....	9
3.2	Energjaravintoaineet.....	12
3.2.1	Hiilihydraatit.....	12
3.2.2	Rasvat	15
3.2.3	Proteiinit	17
3.3	Suojaravintoaineet	19
3.3.1	Vitamiinit.....	20
3.3.2	Kivennäisaineet	22
4	RAVITSEMUKSEN MERKITYS MAKSIMIVOIMAN JA LIHAKSEN POIKKIPINTA- ALAN MUUTOKSEEN NUORILLA AIKUISILLA JA KESKI-ikäisillä.....	24
4.1	Energiansaanti	24
4.2	Ateriarytmi	28
4.3	Energjaravintoaineet.....	31
4.4	Suojaravintoaineet	37
5	TUTKIMUSKYSYMYKSET JA HYPOTEESIT	39
6	TUTKIMUSMENETELMÄT	42
6.1	Tutkittavat.....	42
6.2	Tutkimusasetelma.....	43
6.3	Harjoitusohjelma	44

6.4	Mittaukset ja aineiston keräys	44
6.5	Tilastolliset analyysit.....	49
7	TULOKSET	50
7.1	Ravitsemuksen vaikutus maksimivoimaan ja lihaksen poikkipinta-alaan	50
7.2	Ravitsemuksen vaikutus yksilöiden välisiin eroihin harjoitusadaptaatioissa	59
8	POHDINTA.....	64
8.1	Ateriarytmi ja voimaharjoitteluadaptaatiot.....	65
8.2	Energian saatavuus, kasvikset ja voimaharjoitteluadaptaatiot	66
8.3	Eläinkunnan tuotteet, viljavalmisteet ja voimaharjoitteluadaptaatiot.....	71
8.4	Tutkimuksen rajoitteet ja vahvuudet	75
8.5	Yhteenveto.....	77
	LÄHTEET	79
	LIITTEET	
	Liite 1: LEAF-Q (low energy availability for females questionnaire)	
	Liite 2: LEAM-Q (low energy availability for males questionnaire)	
	Liite 3: EDE-Q (eating disorder examination questionnaire)	
	Liite 4: Ruokavalioindeksi (Health diet index)	
	Liite 5. Ruoankäyttökysely	

1 JOHDANTO

Voimaharjoittelulla on merkittäviä positiivisia vaikutuksia terveydelle ja hyvinvoinnille kaikenikäisillä. Säännöllisen voimaharjoittelun on todettu edistävän kehonkoostumusta vähentämällä kehon rasvan määrää ja lisäämällä kehon rasvattoman massan määrää. Lisäksi voimaharjoittelu vaikuttaa positiivisesti korkeaan verenpaineeseen, veren rasva-arvoihin sekä muihin sydän- ja verenkiertoelimistön sairauksien riskitekijöihin ja luustoterveyteen. (Westcott 2012) Voimaharjoittelu on myös olennainen osa suorituskyvyn ylläpitämistä ja sen kehittämistä. Säännöllisen voimaharjoittelun myötä elimistössä tapahtuu niin hermostollisia kuin rakenteellisiakin muutoksia, mitkä selittävät lihasvoiman ja lihaksen kasvua eli lihashypertrofiaa. (Folland & Williams 2007; Suchomel 2018)

Voimaharjoittelun ohella ravitsemuksella on myös olennainen vaikutus hyvinvointiin ja terveyteen. Ravitsemuksen merkitystä on tutkittu laajasti ja tiedetään, että sillä on suuri vaikutus moniin tarttumattomien tautien riskitekijöihin ja sairauksiin. (Afshin ym. 2019) Terveyden ja hyvinvoinnin lisäksi ravitsemuksella on merkittävä vaikutus myös muun muassa voimaharjoitteluun ja sen aikaansaamiin adaptaatioihin (Morton ym. 2015). Ravitsemuksen vaikutuksia voimaharjoitteluun ja sen adaptaatioihin on tutkittu laajasti. Ruoan nauttimisella, erityisesti proteiinilla, on voimaharjoittelun lisäksi itsenäinen proteiinisynteesiä stimuloiva vaikutus. Kun proteiinisynteesi on suurempaa kuin proteiinien hajottaminen, voidaan puhua positiivisesta proteiinitasapainosta, joka on lihashypertrofian kannalta välttämätöntä. (Phillips 2014) Proteiinin lisäksi myös muilla energiaravintoaineilla sekä kokonaisenergiansaannilla on todettu olevan merkitystä voimaharjoittelun adaptaatioihin (Henselmans ym. 2021; King ym. 2022; Margolis & Pasiakos 2023; Murphy & Koehler 2022; Santo-André ym. 2023).

Voimaharjoittelun adaptaatiot voivat vaihdella yksilöiden välillä paljon (Ahtiainen ym. 2016). Kuitenkaan täysin selvää käsitystä siitä, miksi yksilöiden väliset vaihtelut harjoitusadaptaatioissa voivat olla hyvinkin erilaisia, ei ole. Tämän tutkimuksen tarkoitus on tarkastella kokonaisvaltaisesti ravitsemuksen merkitystä maksimivoiman ja lihaksen poikkipinta-alan muutokseen voimaharjoittelujakson aikana aikaisemmin harjoittelemattomilla aikuisilla. Lisäksi tutkimuksessa tarkastellaan, selittävätkö jotkin ravitsemukselliset tekijät yksilöiden välisiä eroja harjoitusadaptaatioissa.

2 VOIMAHARJOITTELUN VAIKUTUKSET HERMOLIHASJÄRJESTELMÄÄN

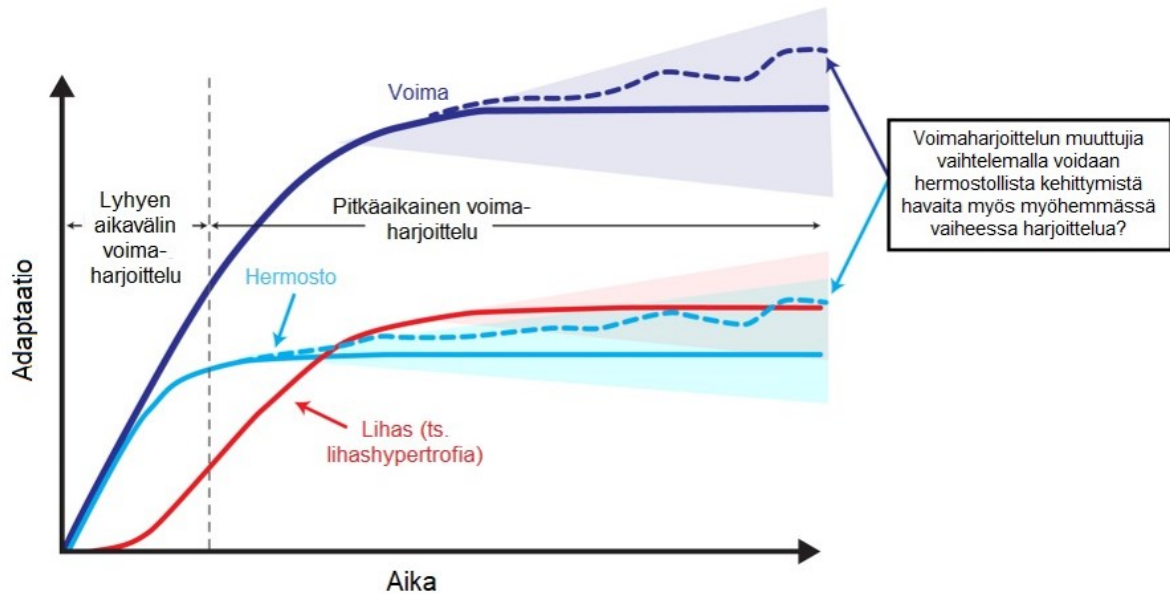
Voimaharjoittelulla tarkoitetaan harjoittelumuotoa, jossa lihaksiin ja lihaksistoon kohdistetaan ulkoista vastusta tarkoituksena kehittää voimaa, tehoa, kestävyyttä tai lihaskokoa. Voimaharjoittelussa voidaan käyttää erilaisia menetelmiä, kuten vapaita painoja, kuntosalilaitteita, vastuskuminauhoja tai kehonpainoharjoituksia. Voimaharjoittelun positiiviset vaikutukset eivät rajoitu pelkästään urheilijoihin, vaan se on hyödyllistä kaikenikäisille ja -kuntoisille, sillä se tukee yleistä terveyttä ja toimintakykyä sekä ennaltaehkäisee vammoja ja loukkaantumisia. (Fleck & Kraemer 2014, 1–2; Kraemer ym. 2002)

Säännöllinen ja pitkäaikainen voimaharjoittelu aiheuttaa lihaksen rakenteessa ja toiminnassa sekä hermostollisessa ohjaamisessa muutoksia, joiden myötä voimantuotto-ominaisuudet kehittyvät (Folland & Williams 2007; Suchomel 2018). Seuraavaksi näitä adaptaatioita tarkastellaan tarkemmin.

2.1 Hermostolliset adaptaatiot

Voimantuoton kasvu voimaharjoittelun ensimmäisten viikkojen aikana on selitettävissä pääosin hermostossa tapahtuvilla muutoksilla. Vasta muutamien viikkojen säännöllisen voimaharjoittelun jälkeen, voidaan lihaksen rakenteessa havaita muutoksia, jotka selittäisivät merkittävää voimantuoton kasvua. (Balshaw ym. 2017; Folland & Williams 2007; Wilson ym. 2023) Voimaharjoittelun on todettu edistävän hermoston kykyä tuottaa enemmän voimaa jo heti voimaharjoittelun ensimmäisistä harjoituksista alkaen (Mason ym. 2020; Pearcey ym. 2021). Sen sijaan täysin selkeätä näkemystä siitä ei ole, tapahtuuko hermostossa kehitystä vielä useiden kuukausien tai vuosien kestoisen voimaharjoittelun jälkeen. Tallent ym. (2021) mukaan tämä johtuu osittain siitä, että voimaharjoittelun hermostollisia adaptaatioita usein seurataan tutkimuksissa vain muutaman kuukauden ajan. Monet johtopäätökset hermoston pidempiaikaisesta kehittymisestä voimaharjoittelun seurauksena on tehty vertaamalla voimaharjoitelleita ja ei-voimaharjoitelleita (Tallent ym. 2021). Kuitenkin Nagawan ym. (2020) mukaan selkeätä näyttöä on motorisen kuorikerroksen muokkaantumisesta ja hermoviestin ärsyyntyvyydestä pidempiaikaisen harjoittelun seurauksena. Esimerkiksi Balshaw ym. (2018) havaitsivat tutkimuksessaan, että sekä 12 viikkoa että 3–5 vuotta

säännöllistä voimaharjoittelua harrastaneilla miehillä lihasten sähköinen aktiivisuus oli suurempaa kuin ei-voimaharjoitelleilla. Huomioitavaa on kuitenkin se, että voimaharjoitelleilla ryhmillä lihasten sähköisessä aktiivisuudessa ei havaittu eroja. Tallent ym. (2021) ja Wilson ym. (2023) toteavatkin, että harjoittelun alkuvaiheessa ilmenevä hermostollinen kehittyminen todennäköisesti tasaantuu tai jopa heikkenee harjoittelun edetessä, mikäli harjoittelussa ei tehdä muutoksia, jotka haastaisivat elimistön aistijärjestelmiä ja uuden oppimista (kuva 1).



KUVA 1. Voimaharjoittelun alkuvaiheessa voimantuoton kehittyminen on pääasiassa seurausta hermostollisista muutoksista. Pystysuuntainen katkoviiva kuvastaa 8–12 viikon kohtaa, johon saakka hermostolliset muutokset selittävät suuremman määrän voimantuoton kasvua. Voimaharjoittelun jatkuessa voimantuoton kasvua selittävät yhä enemmän lihaksessa tapahtuvat rakenteelliset muutokset, kun taas hermostossa ei välttämättä muutoksia enää havaita. Vaihtelemalla voimaharjoittelun muuttujia (mm. intensiteetti, frekvenssi, volyymi) voidaan hermostossa havaita edelleen kuitenkin kehittymistä voimaharjoittelun jatkuessa (sininen katkoviiva). (Mukaiilu Pearcey ym. 2021)

Jo yhden voimaharjoituksen on havaittu hetkellisesti tehostavan synapsien tehokkuutta. Säännöllinen ja pidempiaikainen voimaharjoittelu sen sijaan muodostaa uusia synapseja, suurentaa liikkeissä vaadittavien kehon osien esiintyvyyalueiden kokoa motorisella aivokuorella sekä tehostaa synapsien välistä viestinvälitystä vaientamalla tarpeettomia synapseja. (Kleim ym. 2004; Tallent ym. 2021) Lisäksi eläintutkimukset ovat antaneet viitteitä siitä, että hermo-lihasliitoksen rakenne ja toiminta voivat kehittyä voimaharjoittelun myötä

voimaharjoittelun aloittamisesta melko lineaarisesti. Useat tutkimukset ovat osoittaneet, että jo 8–16 viikon kestoinen voimaharjoittelujakso kasvattaa lihaksen poikkipinta-alaa yleensä noin 5–30 %. (Folland & Williams 2007; Jorgenson ym. 2020; Schoenfeld ym. 2017) Lihaksen poikkipinta-ala ei kuitenkaan välttämättä kasva tasaisesti koko lihaksen pituudelta (Zabaleta-Korta ym. 2020). Esimerkiksi Seynnes ym. (2007) havaitsivat, että nelipäisen reisilihaksen poikkipinta-ala kasvoi lihaksen distaalista päästä enemmän kuin keskeltä lihasta. Lihaksen poikkipinta-alan kasvun lisäksi myös lihaksen pituus voi kasvaa. Tosin ihmisillä sen on todettu pääosin tapahtuvan vain lapsuudessa ja nuoruudessa kasvun ja kehittymisen aikana. Eläintutkimuksissa on havaittu, että krooninen lihaksen venytys tai synergistilihaksen poistaminen voivat jossain määrin kasvattaa koko lihaksen pituutta. Kuitenkin, vaikka lihas on kyvykäs kasvamaan pituussuunnassa, ei voimaharjoittelu ihmisillä todennäköisesti juurikaan vaikuta lihaksen pituuden kasvuun. (Jorgenson ym. 2020)

Voimaharjoittelun alussa koko lihaksen poikkipinta-alan kasvua voidaan ainakin osittain selittää nesteen kertymisellä kudokseen (Damas ym. 2016; Jorgenson ym. 2020). Jotta lihaksen rakenteissa ja supistuvissa elementeissä voidaan havaita kasvua, tulee voimaharjoittelun olla säännöllistä ja kestoaltaan useampia viikkoja (Folland & Williams 2007). Vaikka lihas ei voimaharjoittelun myötä kasva pituutta, lihaksen eri rakenteet, kuten lihassolukimput ja yksittäiset lihassolut ovat todennäköisesti kykeneväisiä kasvamaan pituussuunnassa. Tämä voinee vaikuttaa myös koko lihaksen poikkipinta-alan kasvuun. Kuitenkin pitkäaikaisin ja eniten laajalti tunnustettu tekijä, joka selittää lihaksen poikkipinta-alan kasvua, on yksittäisen lihassolun hypertrofia. (Jorgenson ym. 2020) Lihassolun hypertrofia uskotaan pääosin selittyvän uusien supistuvien proteiinirakenteiden eli myofibrillien rakentumisella ja lisääntymisellä (Ahtiainen 2019, 52). Kuitenkin varsinaista näyttöä tästä väitteestä on rajoitetusti (Jorgenson ym. 2020).

Murachin ym. (2019) mukaan lihassolun hypertrofiaa voisi mahdollisesti selittää osittain myös lihassolujen jakautuminen. Tutkimusnäyttö lihassolujen jakautumisesta perustuu pitkälti eläintutkimuksiin, ja ylipäätään lihassolujen jakautuminen vaikuttaisi olevan harvinaista. Näin ollen sen rooli lihaksen hypertrofiassa on todennäköisesti hyvin pieni tai jopa olematon. (Jorgenson ym. 2020) Vaikka yksittäinen lihassolu ei välttämättä ole kykeneväinen jakaantumaan, ovat myofibrillit todennäköisesti kykeneväisempiä tähän. Näin ollen myofibrillien jakaantumisella voi olla jonkin asteinen merkitys myös yksittäisen lihassolun poikkipinta-alan ja sitä myöten koko lihaksen poikkipinta-alan kasvuun. (Murach ym. 2019)

Lihaksen poikkipinta-alan kasvuun oletettavasti vaikuttaa myös se, kuinka paljon lihas sisältää lihassoluja. Hyperplasia eli lihassolujen lukumäärän lisääntyminen todennäköisesti johtaisi myös lihaksen poikkipinta-alan kasvuun (Folland & Williams 2007). Ihmisillä lihassolujen lukumäärä määräytyy kuitenkin pitkälti jo sikiövaiheessa ennen syntymää (Jorgenson ym. 2020). Jossain määrin lihassolujen lukumäärän on todettu muuttuvan myös syntymän jälkeen (Li ym. 2015; Rehfeldt ym. 1999) ja hyvin poikkeuksellisilla menetelmillä niiden lukumäärä on eläimillä saatu jopa kasvamaan (Duncan & Dinev 2019). Voimaharjoittelun myötä tapahtuvasta hyperplasiasta on hyvin ristiriitaista tutkimusnäyttöä johtuen suurelta osin erilaisista tutkimuksissa käytetyistä menetelmistä ja siitä, että monissa tutkimuksissa lihassolujen lukumäärä lasketaan vain tietyltä lihaksen poikkileikkauskohdalta. Mikäli lihassolujen lukumäärän kasvu ihmisillä olisi mahdollista voimaharjoittelun myötä, on sen merkitys lihaksen poikkipinta-alan kannalta hyvin vähäinen (Abernethy ym. 1994; Jorgenson ym. 2020).

Ihmisillä lihassolutyypit jaotellaan niiden myosiiniraskasketjujen (myosin heavy chain) mukaan tyyppin I, Iia, ja Iix lihassoluiksi. Myös eräänlaiset hybridilihassolut ovat mahdollisia, kuten tyyppin Iia/x. Tyyppin I lihassolut ovat supistusnopeudeltaan hitaita, mutta väsymystä hyvin sietäviä. II-tyypin lihassolut ovat kaikki supistusnopeudeltaan nopeita, ja niiden väsymyksen sieto on heikompaa kuin tyyppin I lihassoluilla. Näistä tyyppin Iia lihassolu on paremmin väsymystä sietävä, kun taas tyyppin Iix solut väsyvät nopeasti. (Pette & Staron 2000) Vaikka geenit ja perimä määrittävät hyvin paljon näiden solutyypin jakaumaa, lihassolut ovat kuitenkin kykeneväisiä vaihtamaan tyyppiään muun muassa voimaharjoittelun myötä (Plotkin ym. 2021). Follandin ja Williamsin (2007) mukaan voimaharjoittelu lisää erityisesti tyyppin Iia lihassolujen määrää, kun samanaikaisesti tyyppin Iix lihassolujen määrä vähenee. Osittain tyyppin Iia lihassolujen määrän kasvu selittyy juuri sillä, että tyyppin Iix ja hybridilihassolut Iia/x muuttuvat tyyppin Iia soluiksi. (Folland & Williams 2007) Voimaharjoittelun muodolla on todennäköisesti vaikutusta siihen, minkälaisia muutoksia lihassolujen tyypeissä voidaan havaita. Esimerkiksi nopeusvoimaharjoittelun on havaittu jonkin verran ehkäisevän tyyppin Iix ja Iia/x lihassolujen muuttumista tyyppin Iia lihassoluiksi, jolloin muutokset tyyppin Iia solujen kasvussa selittyisivät I-tyypin solujen muuntautumisella. (Plotkin ym. 2021)

Voimaharjoittelun myötä lihaksen arkkitehtuurin on myös todettu muuttuvan. Lihaksen arkkitehtuurilla viitataan usein lihaksen ja sen sidekudosten rakenteelliseen järjestäytymiseen.

Keskeisimpiä näistä ovat kulma, jossa lihassolut kiinnittyvät jänteeeseen tai kalvojänteeseen eli pennaatiokulma sekä lihassolujen pituus. (Kuschel ym. 2022; Lieber & Fridén 2000) Lihassolujen pituus on suoraan verrannollinen lihaksen nopeuteen eli mitä pidempi lihassolu on, sitä suurempi sen supistumisnopeus on (Kuschel ym. 2022; Lieber & Ward 2011). Kuten edellä todettu, voimaharjoittelun myötä lihassolujen pituus voi kasvaa (Gerard ym. 2020; Jorgenson ym. 2020). Gerardin ym. (2020) mukaan erityisesti eksentrisen voimaharjoittelu kasvattaa lihassolujen pituutta, kun taas pennaatiokulmassa ei havaita muutoksia tai voidaan nähdä jopa kulman pienentymistä. Kimin ym. (2015) mukaan taas molemmat harjoitusmuodot (eksentrisen vs. konsentrisen) kasvattavat yhtä lailla pennaatiokulmaa. Pennaatiokulman kasvu mahdollistaa suuremman määrän sarkomeerejä asettumaan rinnakkain, jonka seurauksena lihaksen kyky tuottaa voimaa kasvaa (Folland & Williams 2007). Follandin ja Williamsin (2007) mukaan monissa lihaksissa optimaalinen pennaatiokulma on $\leq 45^\circ$. Pennaatiokulman liiallinen kasvu voi olla myös haitallista voimantuoton kannalta. Lihassolujen kiinnittyessä yhä vinommin jänteeeseen, heikentyy voiman välittyminen janteen ja voimantuottoakselin mukaisesti. (Folland & Williams 2007)

Lihaksen kasvaessa ja voimistuessa voimaharjoittelun myötä, myös lihaksen ympärillä ja sen sisällä olevissa sidekudosrakenteissa voidaan havaita adaptaatioita. Jänteet ovat pääroolissa voimavälittämisessä luuhun ja sitä myöten liikkeen aikaansaamisessa. Lisäksi jänteet ovat kykeneväisiä varastoimaan elastista energiaa, jota voidaan hyödyntää venymis-lyhenemistyyppisissä liikkeissä. (Heinemeier & Kjaer 2011; Lazarchuk ym. 2022) Nivelsiteet puolestaan stabiloivat niveliä ja pyrkivät ehkäisemään liiallista liikettä, joka voisi vaurioittaa niveltä (Frank 2004). Lihaksen sisäiset sidekudosrakenteet (epimysium, perimysium, endomysium) tehostavat voiman välittymistä yksittäisten lihassolujen ja lihassolukimppujen välillä sekä vaikuttavat lihaksen passiiviseen jäykkyyteen (Purslow 2020). Sidekudosrakenteiden kasvu ja vahvistuminen voimaharjoittelun seurauksena on todennäköisesti hieman hitaampaa kuin lihaksen poikkipinta-alan kasvu. Kuitenkin esimerkiksi janteen jäykkyyden on todettu kasvavan ennen varsinaista janteen poikkipinta-alan kasvua. (Lazarczuk ym. 2022) Suurempi janteen jäykkyys mahdollistaa voimakkaamman voimantuoton venymis-lyhenemistyyppisessä liikkeessä varastoiden ja vapauttaen elastista energiaa entistä tehokkaammin. (Heinemeier & Kjaer 2011; Kongsgaard ym. 2007; Wiesinger ym. 2015) Suurempi janteen jäykkyys tehostaa myös voimantuotonopeutta (Rodriquez-Rosell ym. 2018). Pitkäaikaisen, säännöllisen ja riittävän suurella intensiteetillä ja volyymillä toteutetun voimaharjoittelun on todettu myös edistävän luuston terveyttä ja kasvua (O'Bryan ym. 2022; Petersen ym. 2017). Esimerkiksi

Lohman ym. (1995) havaitsivat jo viiden kuukauden voimaharjoittelun kasvattavan luun mineraalitiheyttä.

3 RAVITSEMUS

Ravitsemuksella on merkittävä vaikutus moniin elimistön fysiologisiin ja biokemiallisiin prosesseihin. Ravintoaineiden tehtävät voidaan jakaa kasvun ja kehittymisen edistämiseen, energian toimittamiseen sekä aineenvaihdunnan säätelyyn. Ravintoaineet voidaan jakaa energiaravintoaineisiin eli hiilihydraatteihin, proteiineihin, rasvoihin sekä suojaravintoaineisiin, joita ovat vitamiinit ja kivennäisaineet. (Jeukendrup & Gleeson 2019, 2) Seuraavaksi näitä ravintoaineita tarkastellaan hieman tarkemmin. Lisäksi pohjoismaiset ravitsemussuositukset esitellään lyhyesti, koska ne tarjoavat arvokasta ohjausta tasapainoiseen ruokavalioon (Valtion ravitsemusneuvottelukunta, VRN 2014).

3.1 Pohjoismaiset ravitsemussuositukset

Seuraavaksi käsitellään pohjoismaisia ravitsemussuosituksia lyhyesti ja korostaen suositusten pääkohtia. Tarkempaa ja yksityiskohtaisempaa tietoa perusteluineen ravitsemussuosituksista löytyy Valtion ravitsemusneuvottelukunnan vuonna 2014 julkaistusta raportista *Terveyttä ruoasta – Suomalaiset ravitsemussuositukset tai Nordic recommendations 2012 – Integrating nutrition and physical activity* -raportista (2014).

Pohjoismaiset ravitsemussuositukset on laadittu pohjoismaisen asiantuntijaryhmän tieteellisen selvitystyön perusteella. Vuonna 2014 julkaistujen ravitsemussuositusten ensisijainen tavoite on ”edistää väestön terveyttä ravitsemuksen avulla ja pyrkiä ehkäisemään ruokavalioon liittyvien kroonisten sairauksien esiintyvyyttä” (VRN 2014). Ravitsemussuositusten tavoitteena on pyrkiä vastaamaan erityisesti Pohjoismaiden ravitsemus- ja terveysongelmiin samalla huomioiden pohjoismaisen ruokakulttuuri ja -tottumukset. Suositukset mahdollistavat väestön ravitsemuskäyttäytymisen seurannan ja niitä voidaan hyödyntää myös poliittisessa ohjauksessa, suunnittelussa sekä viestinnässä. (VRN 2014; Nordic Nutrition Recommendations 2012, NNR 2014) Ruokavalion kokonaislaatua suhteessa vuoden 2014 ravitsemussuosituksiin voidaan arvioida Suomessa kehitetyn Ruokavaliaindeksi-ravitsemuskyselyn avulla. Ruokavaliaindeksistä lasketaan henkilön antamien ruokavalioon liittyvien tietojen perusteella kokonaispistemäärä (0–100 p) ja mitä suurempi saatu pistemäärä on, sitä enemmän ruokavalio on suositusten mukainen. Ruokavaliaindeksin pistemäärällä on todettu olevan yhteys moniin

terveyden kannalta edullisiin muuttujiin, kuten pienempään vyötärön ympärykseen ja painoindeksiin sekä veren glukoosi- ja triglyseridipitoisuuteen. (Lindström ym. 2021)

Ravitsemussuositukset on tarkoitettu ihmisille, jotka ovat terveitä ja fyysisesti kohtuullisesti aktiivisia. Näin ollen suositukset eivät ole henkilöille tai ryhmille, joilla on sairauksia tai muita ravitsemukseen ja ravinnontarpeisiin vaikuttavia tekijöitä. Ravitsemussuosituksilla pyritään ehkäisemään sairauksien syntymistä eikä hoitamaan niitä. Ne eivät myöskään huomioi mahdollisia merkittävään painon pudotuksen liittyviä tavoitteita ja toimia. Valtion ravitsemusneuvottelukunta (2014) kuitenkin huomauttaa, että monien sairauksien ravitsemushoitoa suunniteltaessa suositukset toimivat hyvänä lähtökohdalla ja esimerkiksi diabeetikoilla ja sepelvaltimotautia sairastavilla pohjoismaiset ravitsemussuositukset sopivat usein myös sellaisenaan. On selvää, että yksilöiden välillä ravintoaineiden tarve vaihtelee. Tämä on huomioitu suosituksissa niin, että kullekin ravintoaineelle on määritetty niin sanottu varmuusvara. Tämä turvaa ravintoaineen riittävän saannin väestötasolla. (NNR 2014; VRN 2014) Keskeisimmät ruokavalioon liittyvät muutokset vuoden 2014 ravitsemussuosituksissa keskittyvät edeltäjiinsä verrattuna erityisesti ruoan energiatihyteen, hiilihydraattien ja rasvojen laatuun, lihavalmisteiden ja punaisen lihan sekä suolan käytön vähentämiseen (VRN 2014; NNR 2014). Uusimmat Pohjoismaiset ravitsemussuositukset on julkaistu vuonna 2023. Tässä työssä käsitellään kuitenkin vuoden 2014 suosituksia, sillä edellä mainittu Ruokavalioindeksi-kysely perustuu niihin.

Energian ja ravintoaineiden saantisuositusten lisäksi pohjoismaiset ravitsemussuositukset ottavat kantaa myös ateriarytmiin (NNR 2014). Valtion ravitsemusneuvottelukunnan (2014) mukaan päivittäin tulisi syödä noin 5 ateriaa (aamiainen, lounas, päivällinen, 1–2 välipalaa) säännöllisin väliajoin. Neuvottelukunnan mukaan säännöllinen ateriarytmi tukee myös kohtuullista syömistä yksittäisillä aterioilla ja näin ollen ylläpitää veren glukoosipitoisuuden pysymistä tasaisena auttaen myös hillitsemään näläntunnetta, napostelua tai ruoan ahmimista (VRN 2014).

Pohjoismaiset ravitsemussuositukset eivät sisällä varsinaisia suosituksia energiansaannista, vaan energiaravintoaineiden saannille on asetettu viitearvot. Viitearvot kuvaavat saantitasoa, joka ottaa huomioon iän ja sukupuolen pyrkien ylläpitämään normaalipainoa. (VRN 2014) Energiaravintoaineiden saantisuositukset aikuisille ja yli 2-vuotiaille lapsille esitetään tarkemmin taulukossa 1. Suojaravintoaineiden osalta ravitsemussuositukset antavat

selkeämmät ja tarkemmat saantimäärät niin miehille kuin naisille sekä eri ikäisille ihmisille (VRN 2014). Taulukossa 2 esitetään muutamien keskeisimpien vitamiinien ja kivennäisaineiden päivittäisiä saantisuosituksia nuorille ja keski-ikäisille aikuisille (18–60-vuotiaat). Muiden suojaravintoaineiden, eri ikäluokille ja muun muassa raskaana oleville ja imettäville tarkemmat saantisuosituksukset löytyvät Terveyttä ruoasta – Suomalaiset ravitsemussuosituksukset 2014 -raportista.

TAULUKKO 1. Energiaravintoaineiden saantisuosituksukset aikuisille ja yli 2-vuotiaille (VRN 2014).

Energiaravintoaine	Saantisuositus
Hiilihydraatit (kokonaismäärä)	45–60 E%
lisätty sokeri	< 10 E%
ravintokuitu	25–35 g/pv
Rasvat (kokonaismäärä)	25–40 E%
tyydyttyneet rasvahapot	< 10 E%
kertatyydyttymättömät rasvahapot	10–20 E%
monityydyttymättömät rasvahapot	5–10 E%
Proteiinit	10–20 E%
	(1,1–1,3 g/kg)

E%, energiaprosentti.

TAULUKKO 2. Suojaravintoaineiden päivittäin saantisuositus aikuisilla 18–60-vuotiailla (VRN 2014).

Suojaravintoaine	Saantisuositus	
	Naiset	Miehet
D-vitamiini (µg)	10	10
C-vitamiini (mg)	75	75
E-vitamiini (α-TE)	8	10
A-vitamiini (RE)	700	900
Tiamiini (mg)	1,1	1,3–1,4
Riboflaviini (mg)	1,2–1,3	1,5–1,6
Rauta (mg)	9–15	9
Kalsium (mg)	800	800
Magnesium (mg)	280	350

α-TE = α-tokoferoliekvivalentti. RE = Retinoliekvivalentti.

3.2 Energiaravintoaineet

Ravintoaineita, joita elimistön voi hyödyntää aineenvaihdunnassa energian tuottamiseen, voidaan kutsua energiaravintoaineiksi. Näitä ravintoaineita ovat hiilihydraatit, rasvat ja proteiinit, joita tarkastellaan seuraavaksi hieman tarkemmin. (Mutanen ym. 2021, 94)

3.2.1 Hiilihydraatit

Hiilihydraatit voidaan jakaa mono-, di-, oligo- ja polysakkarideihin perustuen niiden molekyyliarakenteessa olevien monomeerien lukumäärään ja rakenteeseen. Niin sanottuja yksinkertaisia sokereita tai hiilihydraatteja ovat mono- ja disakkaridit. Monosakkaridit sisältävät vain yhden monomeerin ja niitä voidaan pitää hiilihydraattien perusyksikköinä. Tärkeimmät ravinnosta saatavat monosakkaridit ovat glukoosi, fruktoosi ja galaktoosi. Keskeisimmät ravinnosta saatavat disakkaridit ovat puolestaan sakkaroosi, laktoosi ja maltoosi. Disakkarideissa monomeereja on kaksi. Esimerkiksi laktoosi rakentuu yhdestä glukoosista ja yhdestä galaktoosista. Oligosakkarideiksi voidaan kutsua hiilihydraatteja, joissa on 3–9 monomeeriä. Maltodekstriini on yksi yleisimmistä elintarvikkeista saatavista

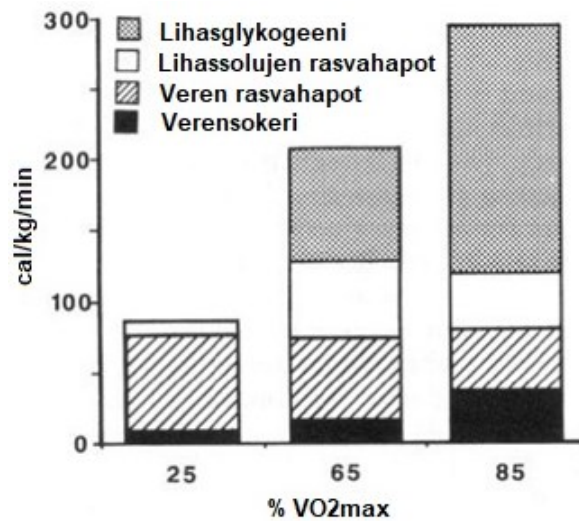
oligosakkarideista. Polysakkaridit ovat hiilihydraatteja, jotka rakentuvat vähintään kymmenestä monomeeristä. (McArdle ym. 2015, 8–10; Mutanen ym. 2021, 94–95) Tärkeimmät ravinnosta saatavat polysakkaridit ovat glukoosipolymeerit (10–20 monomeeriä) ja tärkkelys, joka koostuu jopa tuhansista monomeereistä. Tärkkelystä saadaan kasveista, joissa se toimii hiilihydraattien varastomuotona. Tärkkelystä on kahta eri tyyppiä: amylopektiiniä ja amyloosia, joista ensimmäinen on haaroittunut ja jälkimmäinen ei. Haaroittumisen vuoksi amylopektiiniä kyetään pilkkoman ruoansulatuselimistössä nopeammin kuin amyloosia. (Jeukendrup & Gleeson 2019, 5–6)

Myös kuidut ovat polysakkarideja, mutta ne eivät kuitenkaan imeydy ruoansulatuskanavassa, koska ihmisillä ei ole niitä pilkkovia entsyymejä. Näin ollen niissä olevaa energiaa ei kyetä hyödyntämään. Niiden pääasiallinen tehtävä onkin hidastaa ruoan sulamista ja hiilihydraattien imeytymistä hidastaen veren glukoosipitoisuuden kasvua ja vähentäen insuliinin eritystä aterian jälkeen. Kuidut myös hidastavat mahalaukun tyhjentymistä, tukevat hyvien suolistobakteerien kantaa sekä voivat edesauttaa joidenkin suojaravinteiden imeytymistä. Kuidut voidaan jakaa vesiliukoisiin ja veteen liukenemattomiin kuituihin. (Jeukendrup & Gleeson 2019, 7; Mutanen ym. 2021, 100)

Hiilihydraattien tärkein tehtävä on toimia energianlähteenä glukoosin ollessa solujen tärkein energianlähde. Hiilihydraattien merkitys energiantuotossa korostuu erityisesti korkean intensiteetin kuormituksissa. Kuva 2 havainnollistaa hiilihydraattien merkitystä kuormituksen intensiteetin kasvaessa. Tämän lisäksi hiilihydraatit toimivat sekä aivojen ja selkäytimen että punasolujen pääasiallisena energianlähteenä. Energianlähteenä hiilihydraatit ovat monipuolisia sillä niitä voidaan hyödyntää niin anaerobisessa kuin aerobisessa energiantuotossa. Riittävä hiilihydraattien saanti ehkäisee myös proteiinien pilkkomista energiaksi. (Mutanen ym. 2021, 99; Thomas ym. 2016) Pyken (2017) ja McKayn ym. (2022) mukaan alhainen hiilihydraattien saanti voi heikentää immuunipuolustusta erityisesti urheilijoilla ja fyysisesti hyvin aktiivisilla ihmisillä.

Ihminen ei kykene varastoimaan glukoosia, vaan se varastoidaan ihmisillä glykokeeniä maksaan ja lihaksiin. Rakenteeltaan glykokeeni on haaroittunut, kuten amylopektiini, joten tarvittaessa glykokeeniä saadaan nopeasti pilkkottua glukoosiksi. Glykokeenivarastot ihmisillä eivät ole kovin suuret. Arvioiden mukaan glykokeeniä on varastoitunut maksaan noin 80–100 g ja lihaksiin noin 300–400 g. (Jeukendrup & Gleeson 2019, 5-8) Glykokeenivarastojen

uudelleen täydentämiseksi ja palautumiseksi hiilihydraatteja on saatava ravinnosta päivittäin ja riittävästi, varsinkin urheilijoiden (Thomas ym. 2016).



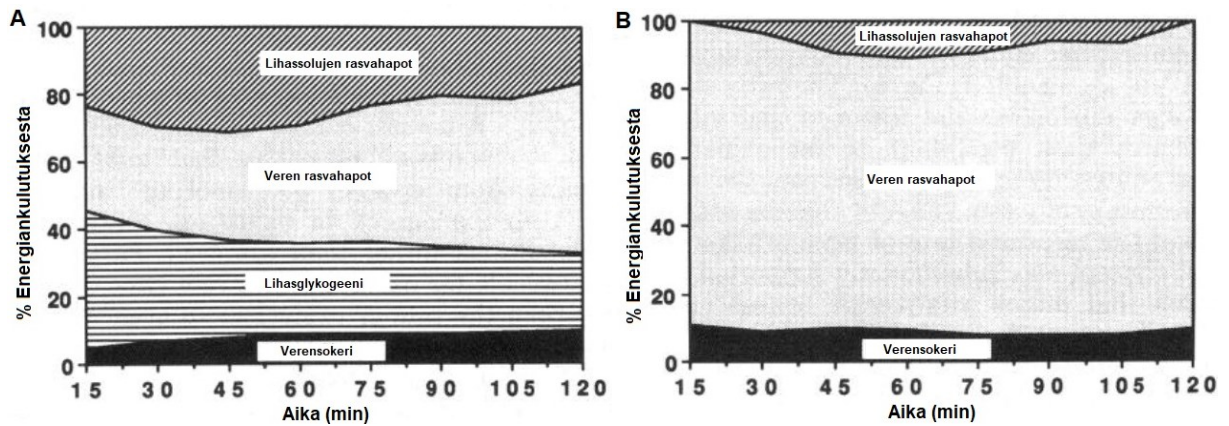
KUVA 2. Adenosiinitrifosfaatin (ATP) (energiantuoton) jakautuminen eri energianlähteistä 30 minuutin kuormituksen aikana. VO2max, maksimaalinen hapenotto-kyky. (Mukaiilu Romijn ym. 1993)

Ravitsemussuositusten mukaan hiilihydraatteja tulisi saada ravinnosta noin 45–60 % energian kokonaissaannista (VRN 2014). Hiilihydraattien saanti tulisi kuitenkin usein mitoittaa yksilön fyysisen aktiivisuuden mukaan. Esimerkiksi kestävyysurheilijoilla hiilihydraattien tarve ja saanti voi olla tätäkin suurempaa, osalla jopa noin 70 E%. (Jeukendrup & Gleeson 2019, 142) Suositeltavimpia hiilihydraatin lähteitä ovat hiilihydraattiruokat, joita on prosessoitu vähän tai ei lainkaan, kuten täysjyväviljavalmistteet, juurekset, palkokasvikset, marjat sekä hedelmät. Näillä ruoka-aineilla on korkeampi ravintoainetiheys, koska ne sisältävät hiilihydraatin lisäksi runsaasti suojaravintoaineita, fytokemikaaleja ja kuituja suhteessa energiasisältöön. (VRN 2014) Pitkälle prosessoidut hiilihydraattiruokat, kuten puhdistetut viljavalmistteet ja elintarvikkeet, joihin on lisätty sokeria, ovat ravintoainetiheydeltään matalia ja niitä tulisikin saada ravinnosta kohtuudella. Esimerkkejä tällaisista elintarvikkeista ovat vaalea leipä, valkoinen pasta ja riisi, leivonnaiset, sokeri, hillot, mehut ja virvoitusjuomat, makeat jogurtit ja rahkat sekä useimmat aamiasmurot. Toisaalta runsaasti harjoittelevilla ja paljon energiaa kuluttavilla urheilijoilla energiankulutus voi olla todella suurta, jolloin edellä mainittujen, nopeammin imeytyvien, hiilihydraattiruokien sisällyttäminen ruokavalioon voi olla tarpeellista energiantarpeen kattamiseksi. (Ilander & Mursu 2021, 310–311; VRN 2014)

3.2.2 Rasvat

Ravinnosta saatavista rasvoista lähes kaikki (90–95 %) ovat triglyseridejä. Loppuosa koostuu steroleista (mm. kolesteroli) ja fosfolipideistä, joista muun muassa solukalvot rakentuvat. Triglyseridit rakentuvat glyserolista ja kolmesta rasvahaposta. Rasvahapot voidaan jaotella kolmeen ryhmään niiden hiiliketjun rakenteen mukaan: tyydyttyneisiin, kertatyydyttymättömiin ja monityydyttymättömiin rasvahappoihin. Tyydyttyneet rasvahapot ovat niin sanotusti kovia rasvoja johtuen niiden hiiliketjujen yksinkertaisuudesta, joka mahdollistaa triglyseridien pakkautumisen tiivisti vierekkäin. Kertatyydyttymättömien rasvahappojen hiiliketjuissa on yksi kaksoissidos ja monityydyttymättömien rasvahappojen hiiliketjuissa on vähintään kaksi kaksoissidosta. Tämä kaksoissidos aiheuttaa hiiliketjuun kulman, jonka vuoksi triglyseridit eivät voi pakkautua tiiviisti toisiinsa kiinni. Kerta- ja monityydyttymättömiä rasvahappoja kutsutaan usein pehmeiksi rasvoiksi ja ovat huoneenlämmössä juoksevia tai pehmeitä. Myös transrasvahapot sisältävät kaksoissidoksen, mutta se on muodoltaan erilainen kuin kerta- ja monityydyttymättömien kaksoissidos. Ominaisuuksiltaan ja rakenteeltaan transrasvahapot muistuttavat enemmän tyydyttyneitä rasvahappoja huolimatta niissä esiintyvistä kaksoissidoksista. (Mutanen ym. 2021, 102–103)

Rasvoilla on monia tärkeitä tehtäviä elimistössä, ja ne ovat osa terveellistä ruokavaliota niin urheilijoilla kuin tavallisillakin ihmisillä. Rasvat ovat tärkeä elimistön energianlähde ja -varasto, mutta toisin kuin hiilihydraatit, rasvoja voidaan käyttää vain aerobisessa energiantuotossa. (Mutanen ym. 2021, 114–115) Elimistö pääsääntöisesti varastoi ylimääräistä rasvaa ihonalaiseen rasvakudokseen, hieman lihassolujen sisään sekä sisäelinten ympärille. Niiden käyttöä kuitenkin energiantuotossa rajoittaa niiden hidas ATP:n (energian) tuottonopeus, joka johtuu rasvojen hapettamiseen vaadittavista monista eri vaiheista (Jeukendrup & Gleeson 2019, 170–171) Levossa ja matalatehoisessa kuormituksessa suurin osa tuotetusta energiasta saadaan rasvoista (kuva 3). Kuormituksen ollessa hyvin kevyt (noin 25 % maksimaalisesta hapenottokyvystä, VO₂max) suurin osa rasvoista saatavasta energiasta saadaan plasmassa olevissa vapaista rasvahapoista. Intensiteetin noustessa kohtalaiseksi (noin 65 % VO₂max:sta) myös lihaksen sisäisiä rasvahappoja käytetään yhä enemmän energiaksi. (Romijn ym. 1993)



KUVA 3. Rasvojen käyttö energianlähteenä kohtalaisen (65 % VO₂max, A) ja kevyen (25 % VO₂max, B) kuormituksen aikana (mukailtu Romijn ym. 1993).

Energiantuotollisten tehtävien lisäksi rasvakudos auttaa myös elimistöä lämmönsäätelyssä. Ihonalainen rasvakudos toimii eräänlaisena eristeenä ehkäisten lämmön poistumista kehosta. Lisäksi se suojaa sisäelimiä, luustoa ja muita kudoksia vaimentamalla kehoon kohdistuvia iskuja. Noin 2–4 % elimistön rasvakudoksesta on varastoitu elintärkeiden elinten ympärille. Rasvakudoksella on myös tärkeä rooli hormonitoiminnan tukemisessa. (Jeukendrup & Gleeson 2019, 12) Esimerkiksi Whittaker ja Wu (2021) meta-analyysi osoitti, että vähärasvainen ruokavalio voi heikentää testosteronipitoisuutta. Lisäksi ravinnosta saatavat välttämättömät rasvahapot alfa-linoleenihappo ja linolihappo ovat eikosanoidien esiasteita. Eikosanoidit ovat tärkeitä hormoninkaltaisia yhdisteitä, jotka vaikuttavat muun muassa tulehdusreaktioihin, hormonivasteeseen, kehon lämmönsäätelyyn, veren hyytymiseen sekä keuhkojen toimintaan. (Hammond & O'Donnell 2012; Mickleborough ym. 2011) Rasva edistää myös rasvaliukoisten vitamiinien, kuten A-, D-, E- ja K-vitamiinin imeytymistä (Jeukendrup & Gleeson 2019, 12).

Pohjoismaisten ravitsemussuositusten mukaan rasvoja tulisi saada ravinnosta 25–40 % energian kokonaissaannista. Tästä osuudesta noin kaksi kolmasosaa tulisi olla kerta- ja monityydyttymättömiä rasvahappoja. Tyydyttyneiden rasvahappojen saantia tulisi rajoittaa enintään 10 E% ja transrasvahappoja tulisi saada ravinnosta mahdollisimman vähän. (VRN 2014) Tyydyttyneitä rasvahappoja saadaan erityisesti eläinperäisistä tuotteista, kuten lihasta, lihajalosteista ja maitovalmisteista. Jotkin kasvikunnan tuotteet sisältävät myös paljon tyydyttyneitä rasvahappoja. Näitä ovat muun muassa palmuöljy, kookosöljy ja kaakaorasva. Kerta- ja monityydyttymättömiä rasvahappoja saadaan erityisesti öljyistä, siemenistä, pähkinöistä ja margariineista. Myös lihat, kuten naudan- ja porsaanliha, broileri ja kala,

sisältävät tyydyttyneiden rasvahappojen lisäksi paljon myös tyydyttymättömiä rasvahappoja. (Ilander & Mursu 2021, 329)

3.2.3 Proteiinit

Proteiinit rakentuvat aminohapoista. Aminohapot kiinnittyvät toisiinsa peptidisidosten avulla muodostaen eri pituisia peptidejä. Varsinaiseksi proteiiniksi voidaan kutsua vain polypeptidejä eli pitkiä aminohappoketjuja, jotka koostuvat kymmenistä, sadoista tai jopa tuhansista aminohapoista. Proteiinin laskostumiseen ja kolmiulotteiseen muotoon vaikuttaa polypeptidiketjun aminohappojärjestys, mikä määrittää sen tehtävät, toiminnan sekä ominaisuudet. Ravinnosta saatavia aminohappoja on yhteensä 20 erilaista, joista 9 ovat sellaisia, joita elimistö ei kykene itse valmistamaan. Näitä aminohappoja on saatava ravinnosta ja niitä kutsutaan välttämättömiksi aminohapoiksi. Loppuja 11 aminohappoa saadaan myös ravinnosta, mutta tarvittaessa elimistö pystyy valmistamaan niitä myös itse. (Laaksonen & Ilander 2021, 425–426; Mutanen ym. 2021, 123)

Elimistössä proteiineilla on monia tärkeitä erilaisia tehtäviä. Pääasialliset tehtävät liittyvät uusien proteiinien, solujen ja kudosten rakentamiseen, useiden tyyppiä sisältävien aineiden valmistamiseen (esimerkiksi hemi, nukleotidit) sekä pienissä määrin myös ATP:n tuottamiseen. Lisäksi proteiinit säätelevät monia elimistön toimintoja, välittävät viestejä, toimivat kuljettimina ja vasta-aineina. (Campbell ym. 2018) Vaikka proteiineja voidaan hyödyntää energiaksi, on niiden käyttö kuitenkin hyvin vähäistä varsinkin silloin, jos energian saatavuus muista energiaravintoaineista on riittävää. Levossa proteiineista tuotetaan energiaa alle 5 %, mutta hyvin pitkäkestoisessa kuormituksessa ja hiilihydraattivajeessa niiden osuus ATP:n kokonaistuotosta voi nousta jopa 10 %:iin. (Jeukendrup & Gleeson 2019, 203–204)

Elimistössä tapahtuu jatkuvasti proteiinien hajotusta ja synteesiä. Tämä mahdollistaa muun muassa vaurioituneiden solujen ja kudosten korjaamisen sekä uusien rakentamisen (Jeukendrup & Gleeson 2019, 194–195). Ravinnosta saatava proteiini itsessään stimuloi jo proteiinisynteesiä ja aterian sisältämien aminohappojen on osoitettu kiihdyttävän muun muassa lihasproteiinien muodostumista. Positiivinen proteiinitasapaino edistää harjoittelun aiheuttamien lihaskudosten vaurioitumista sekä lihashypertrofiaa, kun proteiinitasapaino on ollut pidemmän aikaa positiivinen. (Stokes ym. 2018)

Ravitsemussuositusten mukaan 18–65-vuotiaiden tulisi saada proteiinia 10–20 % kokonaisenergiansaannista. Painokiloa kohden proteiinin saantisuositus on 1,1–1,3 g/kg. (VRN 2014) Yleisesti väestötasolla proteiinin saanti on keskimäärin riittävää ja liian niukka proteiinin saanti on melko harvinaista. Usein vähäinen proteiinin saanti on yhteydessä liian vähäiseen syömiseen. (Ilander & Mursu 2021, 305) Suomalaisista suurin osa (naisista 85 %, miehistä 77 %) saa keskimäärin ravinnosta proteiinia suositusten mukaisesti (Valsta ym. 2018). Urheilijoilla ja tavoitteellisesti harjoittelevien kuntoilijoiden proteiinitarve voi olla kuitenkin yleisiä suosituksia suurempaa muun muassa harjoitusadaptaatioiden saavuttamiseksi ja lihasvaurioiden korjaamiseksi. Esimerkiksi Mortonin ym. (2018) mukaan optimaalinen määrä lihashypertrofian maksimoimiseksi voimaharjoittelun aikana on noin 1,6 g/kg/vrk. Liian suuresta proteiinin saannista tavallisillakaan ihmisillä ei todennäköisesti ole haittaa lukuun ottamatta munuaissairauksia sairastavia henkilöitä. Hieman suosituksia suurempi proteiinin saanti (esim. 1,3–1,6 g/kg) voi olla jopa terveydelle edullista edellä mainitun lihasmassan kasvun lisäksi myös kehon koostumuksessa, painonhallinnassa sekä erityisesti ikääntyneillä toimintakyvyn ylläpidossa ja luuston terveyden kannalta (Coelho-Junior ym 2018; Wallace & Frankenfeld 2017).

Ravinnosta saatavien proteiinien laatu vaihtelee. Usein proteiinien laatu määritellään välttämättömien aminohappojen pitoisuuden sekä imeytymistehokkuuden perusteella. Lähes kaikki eläinkunnan ruoka-aineet, kuten kala, liha, kana, maitovalmisteet sekä kananmuna, sisältävät runsaasti välttämättömiä aminohappoja ja ovat niin sanotusti laadultaan parhaimpia. (Jeukendrup & Gleeson 2019, 212; Laaksonen & Ilander 2021; 426) Kasvisperäisistä ruoka-aineista proteinilaadultaan parhaimpia ovat soija, palkokasvit, viljat sekä riisi. Keskimäärin kasvisperäisissä proteiineissa välttämättömien aminohappojen osuus on vähäisempää kuin eläinkunnan proteiineissa. Lisäksi kasvisproteiinien hyväksikäytettävyys elimistössä on heikompaa ja proteiinipitoisuus annosta kohti on usein pienempi kuin eläinproteiineissa. (Nichele ym. 2022) Edellä mainittujen tekijöiden takia kasvisproteiinien saannin tulee olla monipuolista ja annoskokojen riittäviä, jotta niiden lihaksen proteiinisynteesiä stimuloiva vaikutus olisi yhtä tehokas kuin eläinproteiinien stimuloiva vaikutus (Nichele ym. 2022; van Vliet ym. 2015). Kehon rasvattoman massan kasvun kannalta eläinproteiinilla näyttäisi olevan hieman tehokkaampi vaikutus kuin kasvisproteiineilla, ja erityisesti hyöty näyttäisi olevan selvempi nuorilla aikuisilla. Toisaalta tutkimusnäyttö on vähäistä ja osittain ristiriitaista, minkä

takia täysin yhdenmukaista johtopäätöstä ei voida vielä tehdä. Lihasvoiman kehittymisen kannalta proteiinin lähteellä ei näyttäisi olevan juurikaan vaikutusta. (Lim ym. 2021)

3.3 Suojaravintoaineet

Suojaravintoaineet eli vitamiinit ja kivennäisaineet ovat elimistölle välttämättömiä ravintoaineita, joista suurin osa on saatava ravinnosta. Toisin kuin energiaravintoaineita, vitamiineja ja kivennäisaineita ei voida käyttää energianlähteenä. Niiden tehtävä onkin pääasiassa elimistön toimintojen ylläpito ja säätely. Suojaravintoaineita kutsutaan myös mikroravintoaineiksi johtuen niiden hyvin pienistä saantimääristä. (Freese ym. 2021, 149 & 201)

Suojaravintoaineiden liian vähäinen saanti voi johtaa puutostilaan, joka voi pitkään jatkuessaan ilmetä elimistössä korjaantumattomina rakenteellisina tai toiminnallisina häiriöinä. Joillakin vitamiineilla ja kivennäisaineilla on selkeä puutossairaus, mutta suurimmalla osalla suojaravintoaineiden puutosoireet ovat niin sanotusti epäspesifejä elimistön toiminnan häiriöitä. Toisaalta myös suojaravintoaineiden liiallinen saanti voi olla myös elimistölle haitallista ja pahimmassa tapauksessa aiheuttaa myrkytyksen. Usein liiallinen saanti johtuu ravintolisien liiallisesta käytöstä tai joissakin tapauksissa myös häiriintyneestä ravintoaineen imeytymisestä tai erityksestä tai ruoan kontaminaatiosta. Harvoin suojaravintoaineita voi saada liikaa tavanomaisesta ruokavaliosta. (Frag ym. 2023; Freese ym. 2021, 149 & 201–202) Joidenkin vitamiinien saantisuosituksia on esitetty luvussa 3.1, joten tässä yhteydessä niiden saantimääriin ei oteta juurikaan kantaa. Kaikkien vitamiinien saantisuositukset löytyvät Terveyttä ruoasta – Suomalaiset ravitsemussuositukset 2014 -raportista (VRN 2014).

Terveillä ihmisillä monipuolinen ruokavalio on yleensä riittävä täyttämään kaikki suojaravintoaineiden saantisuositukset eikä ravintolisille ole tarvetta (Jeukendrup & Gleeson 2019, 256). Esimerkiksi monet kasvikset ovat erinomaisia useiden eri suojaravintoaineiden lähteitä sisältäen kuitenkin vain vähän energiaa. Joissain tapauksissa ravintolisien käyttö voi olla toisaalta myös tarpeellista (Bakaloudi ym. 2021). Volpen (2007) mukaan urheilijoilla suojaravintoaineiden tarve voi olla kohonnut ja siitä syystä ravintolisien käyttö olisi perusteltua. Toisaalta Bakaloudin ym. (2021) ja Ilanderin (2021, 195) mukaan ravintolisien käyttö on perusteltua vain erityistapauksissa (esim. erityisruokavaliot) ja mahdolliset puutteet tulisi

ensisijaisesti korvata laadukkaammalla ruokavaliolla ja suuremmilla annoskoilla. Knapikin ym. (2016) meta-analyysi osoitti, että urheilijoista lähes puolet käyttävät ravintolisiä. Kuitenkin Jeukendrupin & Gleesonin (2019, 258) mukaan suojaravintoaineiden suurentunut tarve on mahdollista korvata ilman ravintolisiä kasvattamalla ravinnonsaantia. Volpen ym. (2007) mukaan suojaravintoaineiden saantimäärien ollessa suositusten mukaisia, ei ylimääräinen ravintolisien käyttö edistä myöskään suorituskykyä.

3.3.1 Vitamiinit

Vitamiinit ovat orgaanisia yhdisteitä, jotka voidaan jakaa vesi- ja rasvaliukoisiin vitamiineihin. Suurin osa vitamiineista ei kykene toimimaan elimistössä ravinnosta saatavassa muodossa, vaan ne aktivoituvat sitoutumalla proteiineihin tai niiden molekyyliarakenteen muokkaantumisen avulla. Monet vitamiineista ovatkin koentsyymeja tai niiden osia osallistuen moniin erilaisiin entsyymien katalysoimiin aineenvaihduntareaktioihin. Tämän lisäksi muun muassa A- ja D-vitamiinit toimivat hormonien kaltaisina säätelytekijöinä ja C- ja E-vitamiinit elimistön puolustustehtävissä antioksidanteina ehkäisten muun muassa vapaiden happiradikaalien toimintaa. (Freese ym. 2021, 149–150) Taulukossa 3 esitetään tarkemmin rasvaliukoiset vitamiinit ja niiden päätehtävät lyhyesti. Hyviä rasvaliukoisten vitamiinien lähteitä ovat muun muassa maksa, kala, kananmuna, maitovalmisteet, erilaiset öljyt ja kasvikset (VRN 2014).

TAULUKKO 3. Rasvaliukoiset vitamiinit ja niiden päätehtävät (Jeukendrup & Gleeson 2019, 258).

Vitamiini	Päätehtävät
A	Ylläpitää ihon epiteelikudosta, limakalvoja ja silmien pigmenttiä. Lisäksi edistää luuston kehitystä ja elimistön immuunipuolustusta
D	Edistää kalsiumin imeytymistä suolistosta ja luun muodostumista Osallistuu myös elimistön immunitetin ja lihasten toiminnan säätelyyn
E	Suojelee solukalvoja ehkäisemällä vapaiden radikaalien toimintaa
K	Edistää Gla-proteiinien toimintaa, mikä vaikuttaa veren hyytymiseen Mahdollisesti osallistuu myös luun mineralisaation säätelyyn

Taulukossa 4 puolestaan esitetään vesiliukoiset vitamiinit ja niiden päätehtävät. Monet vesiliukoiset vitamiinit ovat B-vitamiineja, joista lähes kaikki osallistuvat jollakin tavalla energiantuoton säätelyyn. Puutokset B-vitamiinien saannissa usein voivat aiheuttaa muun muassa väsymystä ja heikkoutta. (Kennedy 2016) Mikäli ravintoa syödään riittävästi, B-vitamiinien saannissa harvoin esiintyy puutteita, koska hyvin monet ruoka-aineet sisältävät niitä. Poikkeuksena kuitenkin ovat esimerkiksi vegaanit, joille suositellaan B12-vitamiinia. Hyviä vesiliukoisten vitamiinien lähteitä ovat muun muassa liha, maitovalmisteet, kananmuna, kana, kasvikset, palkokasvit ja täysjyvävalmisteet. (Freese ym. 2021, 194; Jeukendrup & Gleeson 2019, 256–260)

TAULUKKO 4. Vesiliukoisten vitamiinit ja niiden päätehtävät (Jeukendrup & Gleeson 2019, 257).

Vitamiini	Päätehtävät
B1 (tiamiini)	Osallistuu energiaravintoaineiden aineenvaihduntaan ja keskushermoston toimintaan, osallistuu viestin välittämiseen hermon ja lihaksen välillä
B2 (riboflaviini)	Edistää hiilihydraattien ja rasvojen hapettamista, ylläpitää tervettä ihoa
B3 (niasiini)	Edistää hiilihydraattien ja rasvojen hapettamista, ylläpitää tervettä ihoa
B5 (pantoteenihappo)	Osallistuu energiaravintoaineiden aineenvaihduntaan
B6 (pyridoksaalifosfaatti)	Osallistuu proteiinien ja glukoosin aineenvaihduntaan, hemoglobiinin rakennus
B7 (biotini)	Osallistuu energiaravintoaineiden aineenvaihduntaan
B9 (foolihappo)	Osallistuu hemoglobiinin, puna- ja valkosolujen muodostukseen
B12 (kobalamiini)	Osallistuu puna- ja valkosolujen muodostukseen sekä hermoston, suoliston ja ihon ylläpitoon
C (askorbiinihappo)	Antioksidantti, edistää kollageenin muodostumista, osallistuu proteiinien aineenvaihduntaa, edistää raudan imeytymistä

3.3.2 Kivennäisaineet

Elimistö tarvitsee noin 20 kivennäisainetta toimiakseen asianmukaisesti. Kivennäisaineet voidaan jakaa niiden päivittäisen saantimäärän sekä elimistössä esiintyvän määrän mukaisesti makro- ja mikrokivennäisaineisiin. Makrokivennäisaineita ovat ne, joiden päivittäin tarve on yli 100 mg/vrk. Mikrokivennäisaineiksi puolestaan luokitellaan ne, joiden päivittäinen tarve on alle 100 mg/vrk. (Farang ym. 2023) Kivennäisaineiden jakautuminen makro- ja mikrokivennäisaineisiin esitetään taulukossa 5.

Kivennäisaineet osallistuvat elimistössä moniin elintärkeisiin toimintoihin, kuten entsyymien ja neste- ja happo-emästasynteesin säätelyyn, hermoston toimintaan, lihasten supistumisreaktioon sekä immunitettiin. Lisäksi jotkin kivennäisaineet (mm. kalsium ja fosfaatti) voivat toimia rakennusaineina elimistön eri rakenteissa, kuten luukudoksessa. (Farang ym. 2023) Elimistö ei kykene hajottamaan kivennäisaineita, joten niiden tasapainoa säädelään pääasiassa hallitsemalla niiden imeytymistä ja erityistä (Freese ym. 2021, 201–202). Liian vähäinen kivennäisaineiden saanti ravinnosta on osoitettu olevan yhteydessä moniin sairauksiin ja oireisiin, kuten sydämen rytmihäiriöihin, insuliiniresistenssiin, syöpään, diabetekseen sekä osteoporoosiin. Toisaalta myös liiallinen saanti voi aiheuttaa elimistössä muutoksia ja häiriöitä kevyemmistä oireista (mm. pahoinvointi, oksentaminen ja väsymys) vakavampiin, kuten kohonneeseen verenpaineeseen, sydämen rytmihäiriöihin ja vajaatoimintaan tai jopa kuolemaan. (Farang ym. 2023)

TAULUKKO 5. Pääasialliset ravinnosta saatavat kivennäisaineet. (Farang ym. 2023; Jeukendrup & Gleeson 2019, 261–262)

Makrokivennäisaineet	Mikrokivennäisaineet
Fosfori	Fluori
Kalium	Jodi
Kalsium	Koboltti
Kloridi	Kromi
Magnesium	Kupari
Natrium	Mangaani
Rikki	Molybdeeni
	Rauta
	Seleeni
	Sinkki

Sekä makro- että mikrokivennäisaineita saa käytännössä hyvin monista samoista ruoka-aineista. Laadukkaita ja monipuolisesti eri kivennäisaineita sisältäviä ruoka-aineita ovat muun muassa maitovalmisteet, liha, kala, kana, hedelmät ja vihannekset, kananmuna, pähkinät ja siemenet, pavut ja herneet sekä täysjyvävalmisteet. (Farang ym. 2023; Jeukendrup & Gleeson 2019, 263)

4 RAVITSEMUKSEN MERKITYS MAKSIMIVOIMAN JA LIHAKSEN POIKKIPINTA-ALAN MUUTOKSEEN NUORILLA AIKUISILLA JA KESKI-ikäisillä

Säännöllisen voimaharjoittelun myötä lihasmassa voi kasvaa lihaksen hypertrofian myötä. Jotta tämä on mahdollista, tulee proteiinitasapainon olla positiivinen eli proteiinisynteesin täytyy ylittää proteiinien hajottaminen ja energiansaannin olla riittävää. Yksittäinen voimaharjoitus on merkittävin yksittäinen tekijä aktivoimaan lihasproteiinisynteesiä, mutta myös ravitsemuksen merkitys proteiinisynteesin kannalta on olennainen. (Murphy & Koehler 2022; Phillips 2014) Seuraavaksi tarkastellaan energiansaannin, ateriarytmin ja eri energiaravintoaineiden vaikutuksia lihasvoimaan ja -hypertrofiaan.

4.1 Energiansaanti

Kokonaisenergiansaannilla on osoitettu olevan positiivinen yhteys erityisesti lihasmassan kasvuun ja kehittymiseen (Iraki ym. 2019; Murphy & Koehler 2022; Stark ym. 2012). Aragonin ja Schoenfeldin (2020) mukaan energiankulutusta suurempi energiansaanti on tarpeellista, mikäli lihashypertrofiaa pyritään maksimoimaan.

Muun muassa Irakin ym. (2019) ja Aragonin & Schoenfeldin (2020) mukaan lihasmassan kasvu on tehokkaampaa silloin, kun energiatasapaino on positiivinen eli energiaa saadaan enemmän kuin kulutetaan. Liiallinen energiansaanti voi kuitenkin vaikuttaa myös negatiivisesti kehon koostumukseen ja suorituskykyyn muun muassa kasvattamalla rasvamassan määrää. Näin ollen energiansaannin liioittelu ei ole myöskään hyödyllistä. Esimerkiksi Kreiderin (1999) mukaan kokeneilla voimaharjoittelijoilla 500–1000 kcal/vrk energiankulutusta suurempi energiansaanti johti painonnousuun, josta vain 30–40 % oli selitettävissä lihasmassan lisääntymisellä. Lisäksi Garthe ym. (2013) havaitsivat tutkimuksessaan, että noin 500 kcal/vrk suurempi energiansaanti ei johtanut merkittävästi suurempaan rasvattoman massan kasvuun urheilijoilla. Sen sijaan ryhmällä, joka sai enemmän energiaa myös kehon paino ja rasvan määrä lisääntyivät (Garthe ym. 2013) Aloittelijoilla ja vähemmän kokeneilla voimaharjoittelijoilla lihasmassan kasvu on todennäköisesti suurempaa, jolloin painonnoususta suurempi osa olisi selitettävissä lihasmassan lisääntymisellä ja näin ollen heillä energiansaannin ja energiankulutuksen välinen

tasapaino voi olla reilummin positiivinen eikä negatiivisia kehonkoostumuksen muutoksia välttämättä esiinny yhtä helposti (Iraki ym. 2019).

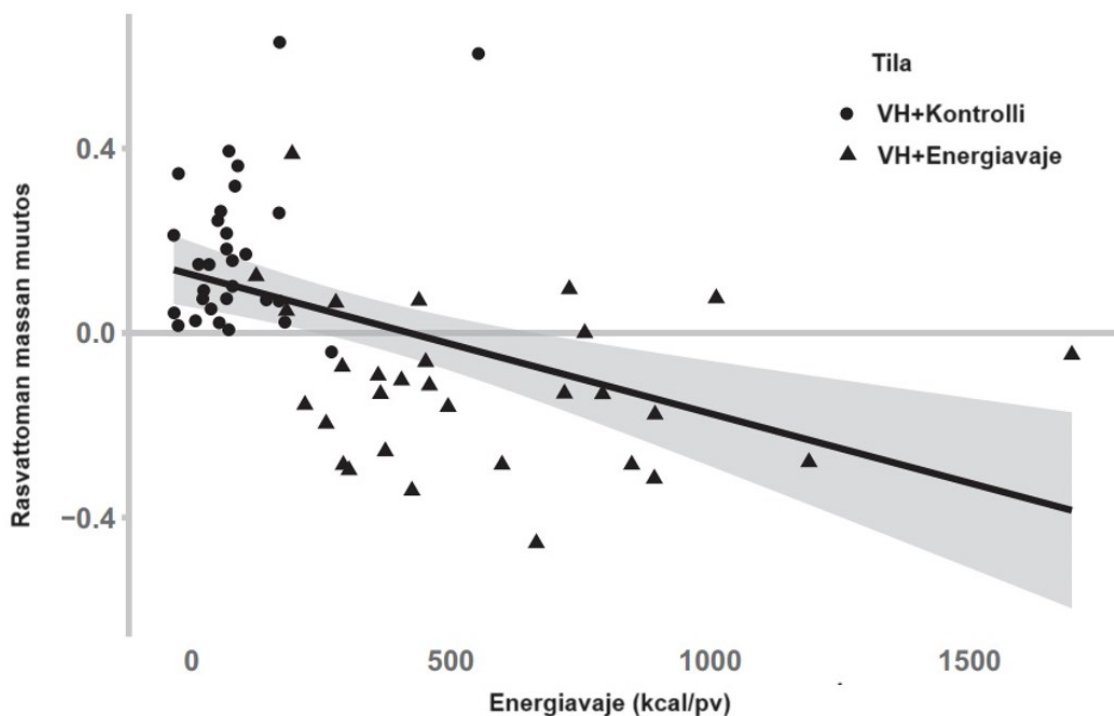
Kuten edellä todettu, lihasmassan kasvu voimaharjoittelun myötä on tehokkaampaa silloin, kun energiansaanti on suurempaa kuin energiankulutus (Aragon & Schoenfeld 2020). Alhaisesta energian saatavuudesta (low energy availability, LEA) tai energiavajeesta voidaan puhua silloin, kun energiankulutus on suurempaa kuin energiansaanti (Mountjoy ym. 2023). Energiavajeessa elimistön proteiineja ja aminohappoja käytetään enenevässä määrin energian (ATP) tuottamiseen, kun taas päivittäisessä tilanteessa, energiansaannin ollessa riittävää tai suurempaa kuin energiankulutus, on proteiinien hajotus energiaksi hyvin vähäistä (Helms ym. 2014; Margolis ym. 2016).

Energiavaje ja kokonaisenergiansaannin rajoittaminen voi olla tarkoituksenmukaista pyrittäessä tietoisesti muokkaamaan kehon koostumusta esimerkiksi laskemaan kehon painoa tai rasvan määrää. Toisaalta energiavaje ja alhainen energian saatavuus voi syntyä myös tiedostamattomasti ja epätarkoituksenmukaisesti. Näin voi tapahtua esimerkiksi urheilijan tavoitellessaan tiettyä kehonkuvaa ja ulkonäköä tai tehostukseen suorituskykyään vähentämällä kehon painoa ja erityisesti kehon rasvan määrää. (Wasserfurth ym. 2020) Toisaalta riittämätön energiansaanti voi johtua myös tiedonpuutteesta, vääristyneestä käsityksestä optimaalisesta energiantarpeesta, ajan ja ruoanlaittotaidon puutteesta, taloudellisista tai psykologisista syistä (Heaney ym. 2008).

Alhaista energian saatavuutta naisilla voidaan arvioida validoidun LEAF-Q -kyselyn (Low energy availability for females questionnaire) avulla (Melin ym. 2014). On arvioitu, että naisilla energian saatavuuden laskiessa alle 30 kcal/vrk per kilogramma kehon rasvatonta massaa (FFM, fat free mass) elimistössä alkaa tapahtua muutoksia esimerkiksi hormonitoiminnassa ja tällöin voidaan puhua vähentyneestä energiansaannista. Lyhytaikaisena tilana elimistön toimintoja kyetään tällöin ylläpitämään normaalina, mutta jatkuessaan pidempään, vähentynyt saanti vaikuttanee negatiivisesti elimistön toimintoihin. Kun energian saatavuus on alle 30 kcal/kg FFM/vrk, on energiansaanti liian alhainen elimistön normaalien toimintojen ylläpitämiseksi. (Mountjoy ym. 2023) Vastaavanlainen kysely on kehitetty myös miehille (LEAM-Q, Low energy availability for males questionnaire) (Lundy ym. 2022). Miehillä yhtä vakuuttavaa tutkimusnäyttöä alhaisen energian saatavuuden rajoista ja haitoista ei ole, mutta on arvioitu, että miehet sietävät vielä hieman matalampia energiansaantimääriä ennen oireiden

ilmaantumista (Mountjoy ym. 2023). Lisäksi varsinaisesti syömishäiriökäyttäytymisen seulontaan tarkoitettu EDE-Q (eating disorder examination questionnaire) -kysely sisältää myös osioita syömisen ja energiansaannin rajoittamiseen liittyen, minkä avulla energian saatavuutta voidaan epäsuorasti arvioida (Sim & Burns 2021).

Murphyn ja Koehlerin (2022) mukaan noin 500 kcal/vrk energiavaje heikentää kehon rasvattoman massan kasvua voimaharjoittelujakson aikana. Mikäli energiavaje edelleen kasvaa, voimaharjoittelusta huolimatta rasvatonta massaa todennäköisesti aletaan menettämään (kuva 4). Muutokset kehon rasvattomassa massassa energiavajeen ja voimaharjoittelun aikana ovat energiavajeen suuruuden lisäksi riippuvaisia myös iästä ja kehon painosta. Sen sijaan lihasvoiman kehittymisen kannalta energiavajeella ei näytä olevan niin selkeätä heikentävää vaikutusta, ainakaan parin kolmen kuukauden aikana (Hulmi ym. 2017). Murphyn ja Koehlerin (2022) meta-analyysin mukaan energiavaje ei estä lihasvoiman kasvua voimaharjoittelujakson aikana vähän tai kohtalaisesti harjoitelleilla.



KUVA 4. Kehon rasvattoman massan muutoksen ja energiavajeen välinen yhteys. Energiavajeen ylittäessä noin 500 kcal/pv voidaan negatiivisia muutoksia havaita kehon rasvattomassa massassa voimaharjoittelusta huolimatta. Regressiosuoran ympärillä oleva harmaa alue kuvaa 95 % luottamusväliä. (mukailtu Murphy & Koehler 2022) VH, voimaharjoittelu. Kontrolli, energiatasapaino.

Energiavaje ei välttämättä estä kehon rasvattoman massan kasvua voimaharjoittelun aikana, mikäli proteiinin saanti on riittävää (Garthe ym. 2011; Hector & Phillips 2018; Hulmi ym. 2017; Isola ym. 2023; Longland ym. 2016; Mettler ym. 2010). Energiavajeen on osoitettu heikentävän proteiinisynteesiä ja muun muassa mTOR-signalointireitin aktiivisuutta, vaikka proteiinin saanti olisi reilua (1,5 g/kg/vrk) (Oxfeldt ym. 2023; Slater ym. 2019). Toisaalta Carbonen ym. (2019) mukaan se ei näy rasvattoman massan määrässä, sillä heidän mukaansa energiavajeessa yli suositusten mukainen proteiinin saanti ehkäisee lihasmassan menetystä torjuen proteiinien hajotusta ja proteiinisynteesiin heikentymistä. Yksittäisen voimaharjoituksen on havaittu palauttavan proteiinisynteesin tason samalle tasolle kuin se on ollut energiatasapainossa. Kun voimaharjoitukseen on yhdistetty vielä proteiinin nauttiminen harjoituksen jälkeen, voidaan proteiinisynteesin havaita olevan kohonnut noin 30 % energiatasapainossa olevasta proteiinisynteesin tasosta. (Slater ym. 2019)

Energiavajeen ollessa kohtuullista (< 40 % energiantarpeesta) proteiinin suurentunut saanti todennäköisesti ehkäisee lihasmassan menetystä. Mikäli energiavaje on tätä suurempaa (> 40 % energiantarpeesta), ei suurentunut proteiinin saanti enää todennäköisesti yhtä tehokkaasti ehkäise lihasmassan menetystä. (Berryman ym. 2017; Carbone ym. 2019; Murphy & Koehler 2022) Esimerkiksi Garthen ym. (2011) mukaan urheilijoilla kohtalainen energiavaje (-19 %) yhdistettynä voimaharjoitteluun johti samanaikaisesti rasvattoman massan kasvuun ja hitaaseen painonlaskuun (-0,7 %/kehonpaino/vko). Sen sijaan suurempi energiavaje (-30 %) tehosti painonlaskua, mutta rasvattomassa massassa ei keskimäärin tapahtunut muutoksia. Kehonkoostumuksen lisäksi suorituskyvyssä ja voimantuotossa ryhmien välillä havaittiin eroavaisuuksia, kun kohtalaisessa energiavajeessa harjoitelleella ryhmällä voimantuotto ja suorituskyky kehittyivät enemmän kuin suuremmissa energiavajeissa olleilla. (Garthe ym. 2011) Samankaltaisia tuloksia saivat myös Longland ym. (2016) neljän viikon voimaharjoitteluintervention aikana, jossa tutkittavat olivat harjoittelemattomia ja painoindeksiltään ylipainoisia (BMI \geq 25,0). Longland ym. (2016) vertailivat kahden eri proteiinimäärän (1,2 g/kg/vrk vs. 2,4 g/kg/vrk) vaikutuksia rasvattoman massan kasvuun, kun energiansaantia rajoitettiin noin 40 % laskennallisesta energiantarpeesta. Ryhmällä, joka sai ravinnostaan enemmän proteiinia, rasvaton massa kasvoi energiavajeesta huolimatta. Vähemmän proteiinia saaneella ryhmällä rasvattoman massan määrä pysyi ennallaan. Molemmilla ryhmillä voimantuotto kasvoi eikä ryhmien välillä ollut merkitsevää eroa. (Longland ym. 2016)

Dudgeonin ym. (2017) mukaan jo pelkkä proteiinilisän nauttiminen ennen tai jälkeen voimaharjoituksen voi ylläpitää lihasmassaa energiavajeessa kokeneillakin voimaharjoittelijoilla, joskaan Murphy ja Koehler (2020) eivät havainneet samankaltaista vaikutusta. Toisaalta Dudgeonin ym. (2017) ja Murphy ja Koehlerin (2020) tutkimuksen tuloksista on haastava tehdä kuitenkaan johtopäätöksiä, koska Dudgeon ym. (2017) eivät ilmoittaneet tutkittavien energian- ja ravintoaineidensaantia, joten esimerkiksi tutkittavien energian- tai proteiininsaantia ei voida vertailla.

Hector ja Phillips (2018) arvioivat, että energiavajeen ollessa noin 500 kcal/vrk, tulisi proteiininsaannin olla tällöin reilusti yli suositusten (1,6–2,4 g/kg/vrk) varmistaakseen lihasmassan säilymisen tai jopa kasvattaakseen sitä yhdessä voimaharjoittelun kanssa. Lihasmassan muutoksiin energiavajeen aikana vaikuttavat monet tekijät, kuten kehonkoostumus, harjoitustausta, aiempi ruokavalio sekä energiavajeen suuruus. Esimerkiksi on jonkinasteista näyttöä siitä, että ylipainoisilla ja harjoittelemattomilla voimaharjoittelu ja runsas proteiininsaanti kasvattavat kehon rasvattoman massan määrää energiavajeesta huolimatta. (Aragon & Schoenfeld 2020) Kuitenkin urheilijoilla ja hyvin kokeneilla voimaharjoittelijoilla samanlaista vastetta ei välttämättä havaita, vaan he ovat alttiimpia lihasmassan menetykselle energiavajeessa (Aragon & Schoenfeld 2020; Murphy ym. 2015). Murphyn ym. (2015) mukaan yksi mahdollinen selittävä tekijä on ylipainoisten henkilöiden suuremmat energiavarastot (rasvavarastot), jotka kompensoivat riittämätöntä energiansaantia ravinnosta. Lisäksi on havaittu, että naiset kykenevät keskimäärin ylläpitämään lihasmassaa energiavajeen aikana paremmin kuin miehet. (Roth ym. 2022)

4.2 Ateriarytmi

Ateriarytmin vaikutuksista voimaharjoittelun adaptaatioihin on rajallisesti tutkimusnäyttöä ja monet näistä tutkimuksista keskittyvätkin säännöllisen proteiininsaannin vaikutuksiin harjoitusadaptaatioihin ja erityisesti proteiinisynteesiin (Areta ym. 2013; Jespersen & Agergaard 2021; Mamerow ym. 2014; Schoenfeld & Aragon 2018). Terveiden kannalta säännöllisempi ja tiheämpi ateriarytmi on havaittu olevan yhteydessä muun muassa parempiin veren rasva-arvoihin (mm. LDL- ja kokonaiskolesteroliarvot), painonhallintaan sekä laihduttamiseen. Mahdollisesti tiheämpi ateriarytmi tuottaa voimakkaampaa kylläisyyden tunnetta ja parantaa syömisen hallintaa, mikä voi vähentää syömistä ja energiansaantia. (La

Bounty ym. 2011) Esimerkiksi Leidy ja Campbellin (2011) katsaus osoitti, että huonompi nälän ja syömisen hallinta oli niillä henkilöillä, jotka söivät vuorokauden aikana harvemmin kuin kolme kertaa. Toisaalta de Capon ja Mattsonin (2019) mukaan pätkäpaastot voivat olla monenlaisten terveystuuttujien kannalta hyödyllisempiä kuin säännöllinen ateriarytmi ja rajoitettu energiansaanti. Pätkäpaastolla tarkoitetaan joko aikarajoitettua energiansaantia (energiansaanti rajoitettu tiettyyn aikaikkunaan vuorokauden aikana) tai rajoitettua energiansaantia viikon tiettyinä päivinä (esimerkiksi 5:2-jaottelu, jolloin viikon aikana on kaksi vuorokautta, jolloin energiansaanti on rajoitettu hyvin pieneksi) (Aragon & Schoenfeld 2022). Harvien ym. (2011) ja (2013) osoittivat, että molemmat energiansaannin rajoittamisen keinot olivat yhtä tehokkaita painon laskemisessa, mutta pätkäpaasto osoittautui entistä tehokkaammaksi keinoksi insuliiniresistenssin laskussa, vyötärön ympäryksen pienentämisessä sekä kehon rasvan määrän vähentämisessä. Voimaharjoittelu yhdistettynä jaksotettuun lyhyeen paastoon 12 kuukauden aikana osoittautui niin ikään tehokkaammaksi keinoksi terveyden kannalta merkityksellisten muuttujien osalta (kehon paino, rasvan määrä, veren rasva-arvot, insuliiniresistenssi), mutta pätkäpaaston vaikutuksista kehon rasvattomaan massan ylläpitoon tai lisäämiseen on ristiriitaista näyttöä (Moro ym. 2016; Tinsley ym. 2019).

Schoenfeldin ym. (2015) meta-analyysin mukaan tiheämpi ateriarytmi on yhteydessä positiivisiin kehonkoostumuksen muutoksiin. He havaitsivat tiheämmän syömisen johtavan suurempaan kehon rasvan määrän vähenemiseen sekä suurempaan rasvattoman massan kasvuun (Schoenfeld ym. 2015). Urheilijoilla tehdyssä tutkimuksessa havaittiin, että tiheämpi syöminen on mahdollisesti yhteydessä suurempaan energiansaantiin (Burke ym. 2003), ja kuten edellisessä luvussa todettiin, riittävä energiansaanti on lihasmassan kasvun kannalta olennaista (Aragon & Schoenfeld 2020; Murphy & Koehler 2022; Stark ym. 2012).

Proteiinipitoisten aterioiden tasaisempi jakautuminen vuorokauden sisällä vaikuttaisi olevan lihasproteiinisynteesin ja sitä myöten lihasmassan kasvun kannalta tehokkaampaa (Areta ym. 2013; Loenneke ym. 2016; Jespersen & Agergaard 2021; Mamerow ym. 2014; Moore ym. 2012; Schoenfeld & Aragon 2018). Sekä yksittäisellä voimaharjoituksella että proteiinin nauttimisella on anabolinen vaikutus eli ne stimuloivat proteiinisynteesiä. Nämä yhdistettynä, esimerkiksi proteiinipitoinen ateria välittömästi harjoituksen jälkeen, on proteiinisynteesi entistä kiihtyneempi. (Jäger ym. 2017) Yksittäisen voimaharjoituksen anabolinen vaikutus kestää noin 24 tunnista jopa 72 tuntiin (Burd ym. 2011; Jäger ym. 2017). Näin ollen on todennäköistä, että optimoidakseen lihashypertrofian ja voiman kasvun, tulisi proteiinia nauttia

säännöllisesti koko tämän ajan. Proteiinipitoisen aterian jälkeen proteiinisynteesi kiihtyy välittömästi ja on osoitettu, että 0,4 g/kg/ateria proteiinia on riittävä määrä maksimoimaan proteiinisynteesiä (Morton ym. 2015). Tämän kiihtyneen proteiinisynteesin kesto on kuitenkin vain joitakin tunteja (1–6 h) (Jäger ym. 2017). Tästä syystä onkin ehdotettu, että proteiinisynteesi pysyy optimaalisena silloin, kun aterioiden välinen aika on noin 3–4 tuntia (Areta ym. 2013; Kerksick ym. 2017; Mamerow ym. 2014; Moore ym. 2012). Tällöin elimistöllä on jatkuvasti riittävästi aminohappoja käytettävissään voimaharjoituksen jälkeisen anabolisen jakson aikana (Schoenfeld & Aragon 2018). On kuitenkin hyvä pitää mielessä, että akuutti proteiinisynteesin kasvu ei aina välttämättä johda lihashypertrofiaan (Mitchell ym. 2014).

Mooren ym. (2012) tutkimuksessa havaittiin, että proteiinisaannin jakautuminen tasaisesti joko 4:lle (4 x 20 g) tai 8:lle (8 x 10 g) aterialle 12 tunnin aikana tehosti proteiinisynteesiä enemmän kuin proteiininsaannin jakautuessa vain kahdelle aterialle (2 x 40 g). Areta ym. (2013) toteuttivat asetelmaltaan hyvin samanlaisen tutkimuksen kuin Moore ym. (2012). He havaitsivat, että proteiininsaannin jakautuminen tasaisesti neljälle aterialle 12 tunnin aikana johti suurempaan proteiinisynteesiin. Mamerow ym. (2014) vertailivat proteiinisaantia vuorokauden aikana niin, että se oli joko jakautunut tasaisesti (aamupala 30 g, lounas 30 g, päivällinen 30 g) tai painottuen iltaan (aamupala 10 g, lounas 15 g, päivällinen 65 g). Tutkimus osoitti, että proteiinisynteesi oli 25 % suurempaa koko 24 tunnin aikana, kun proteiinisaanti oli jakautunut tasaisesti vuorokauden aikana. Vaikutus säilyi muuttumattomana viikon ruokavalioon totuttautumisen jälkeen. (Mamerow ym. 2014) Agergaard ym. (2023) havaitsivat myös hyvin samankaltaisia tuloksia vanhemmilla ihmisillä, kun proteiinisaanti jakautui tasaisesti (aamupala 30 %, lounas 30 %, päivällinen 30 % ja 2 x välipala 5 % vs. aamupala 15 %, lounas 15 %, päivällinen 60 % ja 2 x välipala 5 %) vuorokauden aikana. Proteiininsaannin jakautuminen tasaisesti johti suurempaan koko kehon positiiviseen proteiinitasapainoon. Proteiinisynteesi oli myös hieman suurempaa tasaisesti proteiinia saaneella ryhmällä, joskaan ryhmien välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa. (Agergaard ym. 2023) Myös Yasudan ym. (2020) mukaan tasaisempi proteiinisaannin jakautuminen vuorokauden aikana ja suurempi proteiinimäärä aamiaisella on yhteydessä suurempaan lihasmassan ja voimantuoton kasvuun.

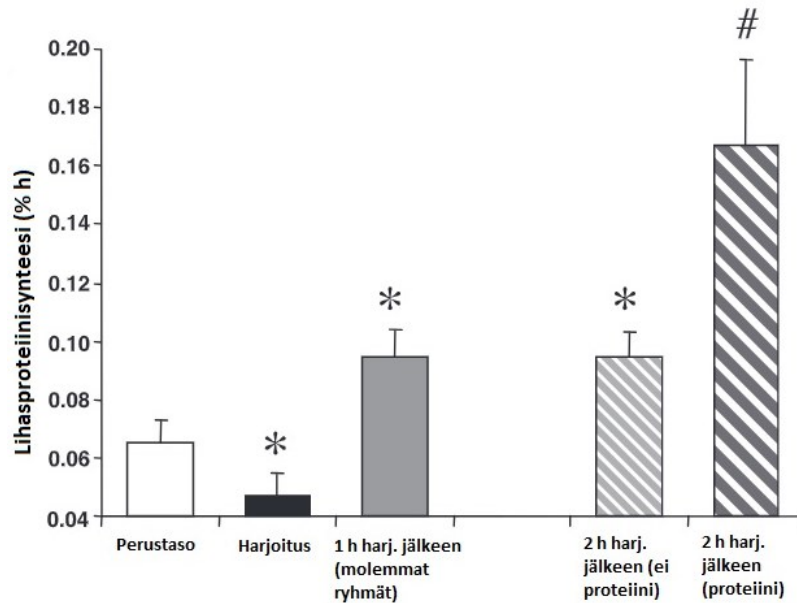
Proteiinin nauttimisen seurauksena kiihtynyt proteiinisynteesi on hetkellistä kestäen muutamia tunteja, jonka jälkeen se palautuu lähtötasolle (Jäger ym. 2017; Schoenfeld ym. 2015). Näin on todettu tapahtuvan myös siitä huolimatta, että aminohappoja olisi edelleen käytettävissä

proteiinisynteesiin. Termillä muscle-full-efekti viitataan siihen, että lihassoluilla on rajallinen kyky hyödyntää aminohappoja proteiinisynteesissä tietyn ajan aikana. Kun tämä taso saavutetaan, elimistö alkaa hyödyntämään aminohappoja energiaksi tai muokkaamaan niitä ja varastoimaan rasvaksi. On siis mahdollista, että muscle-full-efekti selittäisi sitä, miksi useammassa erässä ja tasaisemmin vuorokauden aikana nautittu proteiinipitoinen ateria edistäisi tehokkaammin proteiinisynteesiä ja lihashypertrofiaa. (Atherton ym 2010; Schoenfeld ym. 2015; Schoenfeld & Aragon 2018) Voimaharjoittelun ja paaston on kuitenkin havaittu lykkäävän muscle-full-efektiä, jolloin elimistö on kykeneväisempi hyödyntämään suuremman kertamäärän proteiinia proteiinisynteesissä (Deldicque ym. 2010; Macnaughton ym. 2016). Lisäksi Trommelen ym. (2023) haastavat tätä muscle-full-ajatusta tutkimuksellaan, joka osoitti, että suuri kerta-annos proteiinia (100 g) voimaharjoittelun jälkeen ylläpitää lihasproteiinisynteesiä lähes kolme kertaa aktiivisempaa 12 tuntia aterian nauttimisen jälkeen kuin 25 g proteiiniannos. Näin ollen proteiinipitoisten aterioiden tasainen saanti ei välttämättä olekaan niin merkityksellistä. Vaikka tutkimukset pääosin antavatkin viitteitä siitä, että tasaisempi proteiiniinsaanti johtaa suurempaan proteiinisynteesiin ja mahdolliseen suurempaan lihashypertrofiaan, on tuloksia tarkasteltaessa aina muistettava, että monet eri tekijät vaikuttavat proteiiniaineenvaihduntaan. Näitä tekijöitä ovat muun muassa proteiini lähteen ja aterian koostumus ja rakenne, syödyn proteiinin määrä, ikä, harjoitustausta sekä lihasmassan määrä. (Schoenfeld & Aragon 2018)

4.3 Energiaravintoaineet

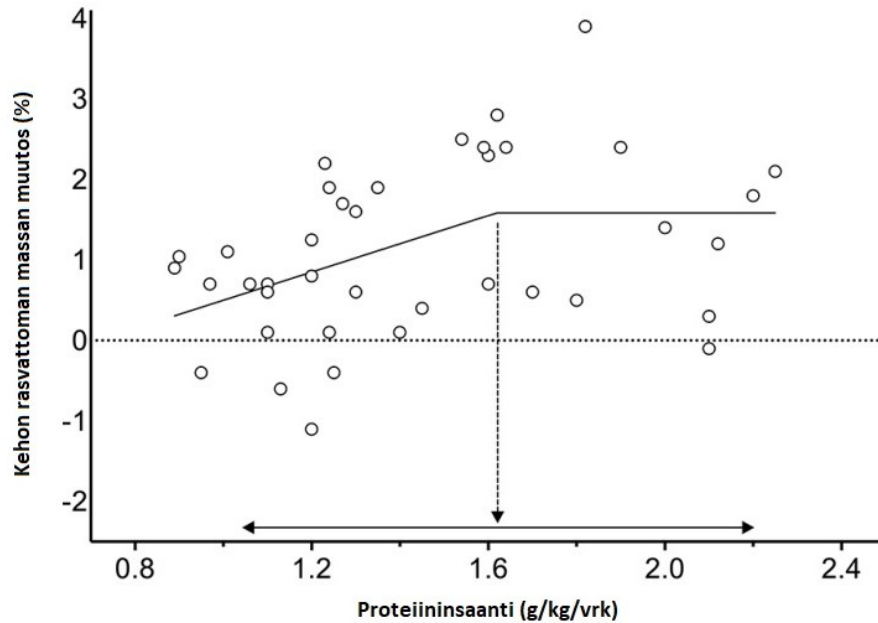
Energia- ja ravintoaineista proteiinit ovat selkeästi eniten tutkittu ravintoaine voimaharjoittelututkimuksissa johtuen pitkälti siitä, että sillä on merkittävä rooli lihaskudoksen kasvussa, korjaantumisessa sekä uudelleenrakentamisessa. Myöskään ravinnosta saatavien hiilihydraattien ja rasvojen vaikutuksia voimaharjoittelun adaptaatioihin ei voida väheksyä, mutta niiden merkitys on kuitenkin toissijainen verrattuna proteiineihin. (Aragon & Schoenfeld 2020)

Yksittäinen voimaharjoitus on riittävä stimuloimaan proteiinisynteesiä ja uusien proteiinirakenteiden rakentumista lihassoluissa. Voimaharjoitus yhdistettynä proteiiniinsaantiin entisestään tehostaa proteiinisynteesiä, kuten kuvasta 5 voidaan havaita. (Dreyer ym. 2008)



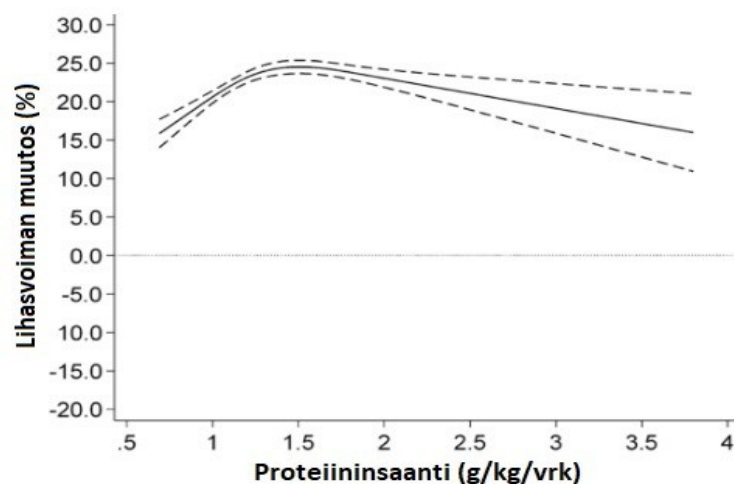
KUVA 5. Lihasten proteiinisyynteesi voimaharjoituksen jälkeen ilman proteiinia ja proteiinin kanssa (mukailtu Dreyer ym. 2008).

Mortonin ym. (2018) ja Nunesin ym. (2022) mukaan 1,6 g/kg/vrk proteiinin saanti on riittävä ja tarpeellinen määrä, mikäli halutaan maksimoida sekä lihashypertrofia että lihasvoiman kasvu. Tämän saantimäärän jälkeen ylimääräisestä proteiinin saannista ei näytä juurikaan olevan merkittävää lisähyötyä (kuva 6). Toisaalta tuota proteiinin saantimäärää ei voida pitää myöskään ehdottomana ylärajana, joka pätsisi kaikille. Esimerkiksi voimaharjoittelijoilla tätäkin suurempi proteiinin saantimäärä voi tehostaa lihashypertrofiaa. (Morton ym. 2018) Toisaalta vähäisempikin proteiinin määrän on osoitettu olevan riittävä optimoimaan lihashypertrofiaa, varsinkin harjoittelemattomilla (Thalacker-Mercer ym. 2009). Esimerkiksi Zbinden-Foncia ym. (2023) havaitsivat, että yli 1,2 g/kg/vrk proteiinin saanti ei merkittävästi tehostanut lihashypertrofiaa tai lihasvoiman kasvua harjoittelemattomilla. Myös Martinin ym. (2023) mukaan harjoittelemattomilla 1,3 g/kg/vrk proteiinia on yhtä tehokas määrä lisäämään lihasmassaa ja kehittämään lihasvoimaan kuin 1,7 g/kg/vrk.



KUVA 6. 1,6 g/kg/vrk proteiinin saannin jälkeen voidaan havaita, että merkittävää lisähyötyä suuremmasta proteiinin saannista ei keskimäärin havaita (mukailtu Morton ym. 2018).

Tagawa ym. (2022) tarkastelivat meta-analyysissään proteiinin saannin vaikutusta rasvattoman massan muutoksen sijaan lihasvoiman muutokseen. Tagawan ym. (2022) tulokset ovat hyvin samanlaiset kuin Mortonin ym. (2018). Heidän meta-analyysinsä osoitti, että lihasvoiman kasvun kannalta optimaalinen proteiinin saanti on noin 1,5 g/kg/vrk ollen lähes yhdenmukainen Mortonin ym. (2018) kanssa (kuva 7).



KUVA 7. Lihasvoiman kasvu on tehokkainta voimaharjoittelujakson aikana, kun proteiinin saanti on 1,5 g/kg/vrk. Yhtenäinen viiva kuvaa keskimääräistä lihasvoiman muutosta (%) ja katkoviivat 95 % luottamusväliä. (Mukailtu Tagawa ym. 2022)

On todennäköistä, että monilla eri tekijöillä, kuten muun muassa harjoitustaustalla, on vaikutusta siihen, mikä on optimaalinen proteiininsaantimäärä lihashypertrofian kannalta. Kuten edellä todettu, jopa 2,2 g/kg/vrk proteiininsaanti voi olla entistä tehokkaampaa lihashypertrofian ja lihasvoiman kasvun kannalta erityisesti voimaharjoitelleilla yksilöillä. (Morton ym. 2018) Muun muassa Bandegan ym. (2017) tutkivat kehonrakentajamiehiä ja havaitsivat, että riittävä proteiininsaannin määrä maksimaalisen lihashypertrofian kannalta on noin 1,7–2,2 g/kg/vrk. Toisaalta Antonion ym. (2015) mukaan ylenmääräisestä proteiininsaannista (>2,0 g/kg/vrk) ei näytä keskimäärin olevan hyötyä lihashypertrofian tai lihasvoiman kasvun kannalta, varsinkin silloin kun energiansaanti on riittävää. Antonio ym. (2015) havaitsivat, että yli 2,3 g/kg/vrk proteiininsaannista ei ollut lisähyötyä lihashypertrofian tai lihasvoiman kasvun kannalta, kun he vertailivat kahden eri proteiininsaantimäärän (3,4 g/kg/vrk vs. 2,3 g/kg/vrk) vaikutuksia harjoitusadaptaatioihin. Huomioitavaa on kuitenkin se, että enemmän proteiinia saaneella ryhmällä (3,4 g/kg/vrk) harjoitusvuosia oli selkeästi enemmän kuin verrokkiryhmällä (2,4 ± 1,7 vs. 4,9 ± 4,1), millä saattaa olla vaikutusta myös havaittuihin harjoitusadaptaatioihin. (Antonio ym. 2015) Vastaavanlaisia tuloksia havaittiin myös Bagherin ym. (2023) tutkimuksessa, jossa ylenmääräinen proteiininsaanti ei tehostanut kehon rasvattoman massan kasvua 16 viikon voimaharjoittelun aikana. Bagherin ym. (2023) tutkivat voimaharjoitelleita nuoria miehiä ja havaitsivat, että 1,6 g/kg/vrk proteiinia on yhtä tehokas määrä kasvattaakseen kehon rasvattoman massan ja lihasvoiman kehittymisen kannalta kuin 3,2 g/kg/vrk proteiinia.

Ravinnosta saatavien hiilihydraattien rajoittamisen on osoitettu tehostavan rasvojen käyttöä energiaksi. Mahdollisesti myös proteiinien hapetus energiaksi lisääntyy hiilihydraattivajeen aikana. Hiilihydraattivajeen on osoitettu heikentävän eri anabolisten signaalireittien aktiivisuutta ja tehokkuutta heikentäen näin ollen myös proteiinisynteesiä. Kuitenkin on epäselvää, näkyvätkö nämä muutokset myös lihastasolla. (Margolis & Pasiakos 2023)

Colemanin ym. (2021) systemaattinen katsaus osoitti, että hiilihydraattivaje voimaharjoittelun aikana ylläpiti kehon rasvattoman massan määrää. Toisaalta ne, jotka eivät kärsineet hiilihydraattivajeesta, kasvattivat rasvattoman massan määrää. (Coleman ym. 2021) Tutkimustulokset osoittavat, että hiilihydraattivajeen vaikutukset lihasmassan muutoksiin ovat korkeintaan vähäisiä tai kohtuullisia. Tutkimukset ovat kuitenkin olleet hyvin heterogeenisiä ja usein hiilihydraattivaje on johtanut myös energianvajeeseen, jonka myös tiedetään lisäävän proteiinien käyttöä energiaksi johtaen mahdolliseen negatiiviseen proteiinitasapainoon ja

heikentäen lopulta lihashypertrofiaa. (Coleman ym. 2021; Murphy & Koehler 2022) Tämä vaikeuttaa tulosten tulkintaa ja johtopäätösten tekemistä pelkän hiilihydraattivajeen vaikutuksista lihastason muutoksiin. Lisäksi tutkimusten kestot ovat olleet lyhyehköjä (< 84 päivää), joten on mahdollista, että hiilihydraattivajeen jatkuessa vielä tästä eteenpäin myös muutokset lihastasolla olisivat selvempiä. (Coleman ym. 2021; Margolis & Pasiakos 2023) Vargas-Molinan ym. (2022) meta-analyysi voimaharjoitelleilla tutkittavilla osoitti, että energiansaannin ollessa riittävää hiilihydraattivajeesta huolimatta kehon rasvaton massa voi jopa kasvaa. Tarkoituksen mukainen hiilihydraattivaje ei ole kuitenkaan optimaalinen keino lihasmassan kasvun kannalta (Vargas-Molina ym. 2022). Lisäksi on syytä huomioida, että Vargas-Molinan ym. (2022) meta-analyysi sisälsi vain neljä tutkimusta. Pysyviä johtopäätöksiä hiilihydraattivajeen vaikutuksista lihasmassan tai lihasvoiman kehittymiseen ei voida vielä tehdä, vaan lisää tutkimusta aiheesta tarvitaan. Kuitenkin selkeätä näyttöä on siitä, että voimaharjoittelu hiilihydraattivajeessa ei ole optimaalinen tapa lihashypertrofialle tai lihasvoiman kasvulle (Varga-Molina ym 2022).

Henselmansin ym. (2021) katsaus osoitti, että hiilihydraattivajeella ei todennäköisesti ole vaikutusta voimantuottoon hiilihydraattivajeen kestäessä 2–84 päivää. Pidemmän ajanjakson hiilihydraattivajeen vaikutuksista voimantuottoon ei siis ole tietoa. Toisaalta yksittäisen voimaharjoituksen kannalta hiilihydraatin nauttimisella voi olla ergogeeninen vaikutus voimaharjoituksessa vaadittavaan suorituskykyyn (King ym. 2022). Hiilihydraatin nauttiminen ennen voimaharjoitusta voi joissain tapauksissa edistää voimaharjoituksessa tehtyjä toistojen ja sarjojen määrää sekä ylläpitää harjoituksen intensiteettiä korkeampana. Näin on havaittu tapahtuvan erityisesti silloin, kun voimaharjoituksen kesto on yli 45 minuuttia, sarjojen määrä voimaharjoituksessa on vähintään 8–10 tai ennen voimaharjoitusta on paastottu yli kahdeksan tuntia. Harjoitusvolyymien ja uupumukseen asti tehtyjen toistojen määrään kasvaessa mahdollisesti myös tällöin hiilihydraatin nauttimisen vaikutus suorituskykyyn entisestään korostuu. (King ym. 2022)

Hiilihydraatit ja glykogeeni ovat merkittävien energianlähteiden jatkuvassa tai toistuvissa korkean intensiteetin suorituksissa, minkälaisia voimaharjoitukset usein tyypiltään ovat. Glykogeenivarastojen ehtyessä ja glykogeenin saatavuuden rajoituksissa voidaan voimantuotossa havaita heikentymistä erityisesti korkean intensiteetin suorituksissa tai harjoitusvolyymien ollessa suurta. Glykogeenivarastojen on todennäköisesti kuitenkin oltava hyvin tyhjät (< 200 mmol/kg/kuiva paino, normaalipitoisuus on noin 450 mmol/kg/kuiva paino)

ennen kuin negatiivisia vaikutuksia voidaan voimantuotossa havaita. (Hearris ym. 2019; King ym. 2022; Vigh-Larsen ym. 2021) Muun muassa Paoli ym. (2021) osoittivat tutkimuksessaan, että sekä ketogeeninen ruokavalio että länsimainen ruokavalio voimaharjoittelujakson aikana kasvattivat lihasvoimaa. Kuitenkin vain länsimaista ruokavaliota noudattaneet kasvattivat kehon rasvattoman massan määrää, kun ketogeenistä ruokavaliota noudattaneet ylläpitivät sitä. Margolis ja Pasiakos (2023) tuoreen katsauksen mukaan lihasvoiman kehitykseen hiilihydraattivaje ei näytä juuri vaikuttavan negatiivisesti.

Ravinnosta saatavan rasvan ja voimaharjoittelun yhteisvaikutuksista on rajallisesti tutkimusnäyttöä, joka on myös osittain hieman ristiriitaista (Valenzuela ym. 2021). Rasvojen saannin ei ole osoitettu olevan merkittävä lihashypertrofiaa tai lihasvoiman kasvua edistävä tekijä (Rossato ym. 2019). Sen sijaan liiallisen rasvansaannin (esimerkiksi ketogeeninen ruokavalio) on todettu häiritsevän lihashypertrofian kannalta keskeisten signaalintireittien toimintaa ja näin ollen heikentävän lihaksen kykyä kasvaa voimaharjoittelun aikana (Sitnick ym. 2009). Toisaalta Roberts ym. (2016) eivät havainneet samanlaista vaikutusta kuuden viikon voimaharjoittelujakson aikana.

Ravinnosta on kuitenkin saatava rasvoja riittävästi, koska liian vähäinen rasvojen saanti johtaa helposti energiavajeeseen ja muihin elimistön fysiologisten toimintojen muutoksiin, jotka voivat heikentää lihashypertrofiaa tai lihasvoiman kasvua (Areta ym. 2014; Koerich ym. 2022). Rasvoilla on merkittävä rooli terveyden, palautumisen ja kehittymisen kannalta. Riittävä rasvojen saanti ylläpitää muun muassa elimistön hormonituotantoa, vastustuskykyä sekä osallistuu elimistön aineenvaihdunnan säätelyyn. (Lowery 2004) Näin ollen rasvojen saanti vaikuttaa välillisesti harjoitteluun ja voimaharjoitusadaptaatioihin. Liian vähäinen rasvojen kokonaissaanti voi johtaa välttämättömien rasvahappojen niukkaan saantiin, mikä puolestaan voi laskea muun muassa testosteronipitoisuutta miehillä (Whittaker & Wu 2021). McGloryn ym. (2019) ja Smithin ym. (2011) mukaan välttämättömillä rasvahapoilla (erityisesti omega-3-rasvahapoilla) voi olla myös proteiinisynteesiä edistävä ja proteiinien hajotusta ehkäisevä vaikutus. Heilesonin ym. (2023) mukaan lisäravinteena nautittu kalaöljy tehostaa lihasvoiman kasvua 10 viikon voimaharjoittelujakson aikana. Toisaalta Santo-André ym. (2023) systemaattisen katsauksen ja meta-analyysin mukaan monitydyttymättömien rasvahappojen saannilla ei ole vaikutusta lihashypertrofiaan ja hyvin vähäinen vaikutus, jos laisinkaan, lihasvoiman kasvuun. Tyydyttyneen rasvan saannin on sen sijaan havaittu väestötason tutkimuksissa olevan yhteydessä pienempään kehon rasvattomaan massaan (Welch ym. 2014).

Vähäinen rasvojen kokonaissaanti ravinnosta voi herkästi johtaa energiavajeeseen, varsinkin urheilijoilla (Horvath ym. 2000). Toisaalta myös liiallinen rasvojen saanti (mm. ketogeeninen ruokavalio) voi johtaa energiavajeeseen. Esimerkiksi ketogeenisessä ruokavaliossa rasvojen ja proteiinin saanti korostuu hiilihydraattien saannin jäädessä hyvin niukaksi. Rasvojen ja proteiinin saannin lisääntyminen ravinnosta voi johtaa syödessä nopeampaan kylläisyyden tunteeseen ja näin ollen rajoittaen syödyn ruoan ja saadun energian määrä (Koerich ym. 2022), jolla tiedetään olevan merkittävä rooli erityisesti lihasmassan kasvuun (Aragon & Schoenfeld 2020; Murphy & Koehler 2022; Stark ym. 2012). Näin ollen suositusten mukainen rasvojen saanti on suositeltavaa niin tavallisille ihmisille, urheilijoille kuin esimerkiksi voimaharjoittelijoille.

4.4 Suojaravintoaineet

Suojaravintoaineiden eli vitamiinien ja kivennäisaineiden saanti ravinnosta on elimistölle välttämätöntä, jotta sen toimintoja voidaan ylläpitää ja säädellä riittävästi. Kuten aiemmin todettu suojaravintoaineita ei voida käyttää energianlähteenä, mutta niillä on kuitenkin tärkeitä tehtäviä monissa energiansäätelyyn liittyvissä tehtävissä. (Freese ym. 2021, 149)

Liian suurella suojaravintoaineiden, erityisesti C- ja E-vitamiinien, saannilla sen sijaan voi olla negatiivisia vaikutuksista harjoitteluun ja sen aikaansaamiin adaptaatioihin (Dutra ym. 2020; Li ym. 2022). Pitkäaikaisen C- ja E-vitamiinien liikasaannin on havaittu inhiboivan monia eri voimaharjoittelun kannalta olennaisia signaalintireittejä sekä heikentävän harjoittelun aikaansaamia fysiologisia vasteita, kuten lihashypertrofiaa (Paulsen ym. 2014). Toisaalta negatiivisten vaikutusten suuruudesta on ristiriitaista näyttöä, mutta todennäköisesti niiden merkitys voimaharjoittelun adaptaatioissa ei ole kovin suuri. Lisäksi näiden vitamiinien liikasaanti vaatii ravintolisien käyttöä, koska tavanomaisesta ruokavaliosta niiden liikasaanti on hyvin epätodennäköistä. (Kim ym. 2023; Martínez-Ferrán ym. 2023) Vitamiineista erityisesti D-vitamiinin on havaittu positiivisesti vaikuttavan lihasten palautumiseen, uudelleen muokkaamiseen sekä hypertrofiaan (Owens ym. 2015).

Joillakin kivennäisaineiden puutoksilla voi olla myös jonkinasteista merkitystä suorituskyvyille. Esimerkiksi Pompano ja Haas (2019) havaitsivat tutkimuksessaan, että kestävyysuorituskyky kehittyi rautalisän myötä raudanpuutoksesta kärsivillä naisilla. Toisaalta Rubeorin ym. (2018)

mukaan tutkimustulokset rautalisän vaikutuksista raudanpuutoksesta kärsivillä kestävyysuorituskykyyn ovat ristiriitaisia. Rubeor ym. (2018) kuitenkin suosittelevat, että urheilijat, joiden ferritiini on alle 20 µg/l, voivat hyötyä suorituskyvylisesti ravinnon täydentämisestä rautalisällä. Heffernanin ym. (2019) mukaan raudanpuutoksesta kärsivillä ravinnon täydentäminen rautalisällä voi myös edistää voimaharjoittelun aikaansaamia adaptaatioita sekä palautumista.

5 TUTKIMUSKYSYMYKSET JA HYPOTEESIT

Tutkimuksen tarkoituksena on tarkastella eri ravitsemuksellisten tekijöiden vaikutuksia maksimivoiman ja lihaksen poikkipinta-alan muutokseen voimaharjoittelujakson aikana. Lisäksi tutkimuksessa tarkasteltiin sitä, selittävätkö jotkin ravitsemukselliset tekijät yksilöiden välisiä eroavaisuuksia maksimivoiman tai lihaksen poikkipinta-alan muutoksessa. Seuraavat tutkimuskysymykset koskevat harjoittelemattomia nuoria aikuisia ja keski-ikäisiä.

1. Onko ateriarytmillä vaikutusta maksimivoiman tai lihaksen poikkipinta-alan muutokseen voimaharjoittelujakson aikana?

Hypoteesi 1. Ei maksimivoimaan, kyllä lihaksen poikkipinta-alaan. Aterioiden jakautuminen tasaisemmin vuorokauden aikana on osoitettu olevan tehokkaampaa lihasproteiinisynteesin kannalta (Areta ym. 2013; Moore ym. 2012). Yksittäinen proteiinipitoinen ateria kiihdyttää proteiinisynteesiä muutamaksi tunniksi (Jäger ym. 2017). Jotta proteiinisynteesi pysyy kiihtyneenä ja optimaalisena lihashypertorifan kannalta, tulisi aterioita nauttia säännöllisesti noin 3–4 tunnin välein (Kerksick ym. 2017). Toisaalta harvemmin syöminen ei välttämättä heikennä merkittävästi proteiinisynteesin aktiivisuutta, varsinkin jos se on yhdistetty voimaharjoitteluun, paastoon tai nautittu proteiiniannos on suuri (Deldicque ym. 2010; Macnaughton ym. 2016; Trommelen ym. 2023). Kuitenkin säännöllinen syöminen (3–6 krt/vrk) on todennäköisesti tehokkaampi keino erityisesti lihaksen poikkipinta-alan kasvun kannalta kuin alle kolme ateriaa vuorokaudessa. (Areta ym. 2013; Iwao ym. 1996; Mamerow ym. 2014; Schoenfeld ym. 2015) Maksimivoiman ja ateriarytmien välisistä yhteyksistä ei juurikaan ole tutkimusnäyttöä. Todennäköisesti ateriarytmillä ei ole merkittävää vaikutusta maksimivoiman kehittymiseen voimaharjoittelujakson aikana.

2. Onko alhainen energian saatavuus yhteydessä maksimivoiman tai lihaksen poikkipinta-alan muutokseen voimaharjoittelujakson aikana?

Hypoteesi 2. Ei maksimivoimaan, kyllä lihaksen poikkipinta-alaan. Harjoittelemattomilla alhainen energian saatavuus ei heikennä maksimivoiman kehittymistä 12 viikon voimaharjoittelujakson aikana. Sen sijaan negatiivisia vaikutuksia lihasmassan kasvussa voidaan havaita. (Murphy & Koehler 2022)

3. Onko eläinkunnan tuotteiden saannilla vaikutusta maksimivoiman tai lihaksen poikkipinta-alan muutokseen voimaharjoittelujakson aikana?

Hypoteesi 3. Kyllä. Suurin osa eläinkunnan tuotteista sisältää runsaasti proteiinia ja ovat laadultaan myös parempia kuin kasvisproteiinit (Jeukendrup & Gleeson 2019, 212; Laaksonen & Ilander 2021; 426). Proteiininsaannilla on energiaravintoaineista merkittävin vaikutus lihasmassan ja -voiman kehittymiseen voimaharjoittelujakson aikana. Tutkimusten mukaan optimaalisen lihasmassan ja -voiman kehittymisen kannalta proteiininsaannin tulisi olla vähintään noin 1,6 g/kg/vrk (Morton ym. 2018; Nunes ym. 2022). Toisaalta harjoittelemattomilla optimaalinen proteiininsaannin määrä voi olla hieman tätä pienempi (noin 1,2–1,3 g/kg/vrk) (Martini ym. 2023; Zbinden-Foncea ym. 2023). Näin ollen tutkittavilla, joiden ruokavalio sisältää enemmän eläinkunnantuotteita, lihaksen poikkipinta-ala ja maksimivoima kasvavat voimaharjoittelujakson aikana paremmin kuin niillä, joilla eläinkunnantuotteiden saanti on vähäisempää.

4. Onko viljavalmisteiden saannilla vaikutusta maksimivoiman tai lihaksen poikkipinta-alan muutokseen voimaharjoittelujakson aikana?

Hypoteesi 4. Ei. Monet eri viljavalmisteet ovat keskeisiä hiilihydraattilähteitä (Ilander & Mursu 2021, 310–311; VRN 2014). Hiilihydraattivajeen vaikutukset lihasmassan ja -voiman kehittymiseen voimaharjoittelujakson aikana on osoitettu olevan korkeintaan vähäisiä tai kohtalaisia (Coleman ym. 2021; Murphy & Koehler 2022). Henselmansin ym. (2022) ja Vargas-Molinan ym. (2022) mukaan lyhyt aikainen hiilihydraattivaje (alle 84 vrk) ei heikennä lihasmassan ja -voiman kasvua voimaharjoittelujakson aikana. Tutkittavien ollessa harjoittelemattomia ja tutkimuksen kestäessä 12 viikkoa, ei viljavalmisteiden saannilla ole vaikutusta kumpaankaan muuttajaan.

5. Onko kasvisten saannilla vaikutusta maksimivoiman tai lihaksen poikkipinta-alan muutokseen voimaharjoittelujakson aikana?

Hypoteesi 5. Ei. Kasvikset eivät juurikaan sisällä lihaksen poikkipinta-alan tai maksimivoiman kehittymisen kannalta keskeisiä energiaravintoaineita, kuten proteiineja ja hiilihydraatteja, eivätkä ne juurikaan sisällä energiaa. Kasvikset sisältävät painoonsa nähden runsaasti kuituja ja monia erilaisia vitamiini- ja kivennäisaineita. (Rautavirta ym. 2021, 20) Näin ollen kasvisten

saannilla ei ole vaikutusta lihaksen poikkipinta-alan tai maksimivoiman muutokseen voimaharjoittelujakson aikana. Toisaalta, mikäli kasvisten saanti on ylikorostunut rajoittaen esimerkiksi proteiinien tai energiansaantia, voi se puolestaan vaikuttaa erityisesti lihaksen poikkipinta-alan kehittymiseen. (Melin ym. 2016; Murphy & Koehler 2022)

6. Onko pohjoismaisten ravitsemussuositusten mukainen ruokavalio yhteydessä maksimivoiman tai lihaksen poikkipinta-alan muutokseen voimaharjoittelujakson aikana?

Hypoteesi 6. Ei. Ravitsemussuositusten noudattamisen ei odoteta olevan yhteydessä lihaksen poikkipinta-alan tai maksimivoiman muutokseen, koska suosituksissa huomioidaan ravitsemus kokonaisvaltaisesti ja ensisijaisesti ne perustuvat terveyttä edistävään ruokavalioon, joka huomioi myös ruoan ympäristökuormituksen (VRN 2014). Näin ollen, vaikka suosituksia ei noudatettaisi, voidaan ravinnosta silti saada riittävästi energiaa ja kaikkia energiaravintoaineita, jotka ovat maksimivoiman tai lihaksen poikkipinta-alan kehittymisen kannalta keskeisimpiä ravitsemuksellisia tekijöitä. Ravitsemussuositukset ohjaavat ravinnon monipuoliseen saantiin ja keskimäärin suomalaisaikuisväestön (18–65-vuotiaat) ruokavalio sisältää kaikkia energiaravintoaineita riittävästi (Valsta ym. 2018; VRN 2014). Esimerkiksi proteiinin saannin osalta suurin osa 18–65-vuotiaista suomalaisista (noin 80 %) täyttää saantisuositukset (10-20 E%, 1,11,3 g/kg/vrk) ja loppuosalla suositukset ylittyvät (Valsta ym. 2018).

6 TUTKIMUSMENETELMÄT

Tämä tutkimus suoritettiin osana Jyväskylän yliopiston Precision Exercise -tutkimusprojektia, jonka tutkimusjohtajana toimi Juha Ahtiainen. Jyväskylän yliopiston ihmistieteiden eettinen toimikunta hyväksyi tutkimuksen (60/13.00.04.00/2023). Tutkimusprojekti toteutettiin toukokuuskuun 2023 aikana.

6.1 Tutkittavat

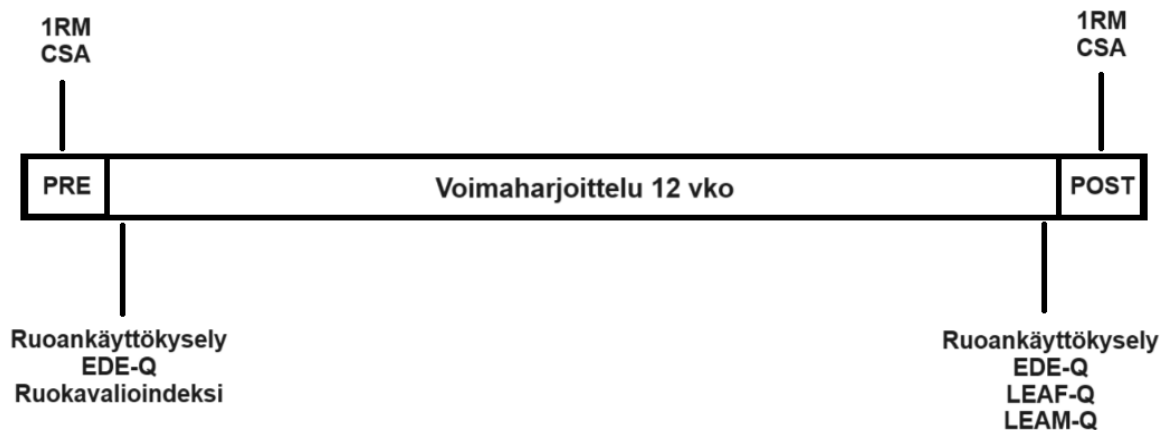
Tutkimukseen rekrytoitiin 18–45-vuotiaita terveitä passiivisia tai satunnaisesti fyysisesti aktiivisia henkilöitä sosiaalisessa mediassa tai painetuissa tiedotusvälineissä julkaistujen ilmoitusten avulla. Tutkimukseen valituilla henkilöillä ei saanut olla aiempaa kokemusta systemaattisesta voimaharjoittelusta, sairauksia, tiloja tai lääkitystä, jotka estäisivät voimaharjoittelun tai mittausten tekemisen sekä painoindeksin (body mass index, BMI) tuli olla alle 35 kg/m². Lisäksi tutkimukseen valitut henkilöt eivät noudattaneet erityisruokavalioita tai muuten tietoisesti yrittäneet ruokavalion avulla vaikuttaa kehon koostumukseensa. Tutkittavat, jotka suorittivat vähintään 85 % harjoituksista otettiin lopullisiin analyysihin mukaan.

Yhteensä 478 tutkittavaa täyttivät alkukartoituskyselyn, josta 204 tutkittavaa täyttivät sisäänottokriteerit ja aloittivat tutkimuksen. Lopulta tutkimuksen suorittaneiden tutkittavien määrä oli 174 (117 naista, 57 miestä). Tutkittavien keski-ikä oli 36,1 ± 6,4 vuotta ja BMI 26,0 ± 4,3 kg/m².

Tutkimuksen ajan tutkittavia ohjeistettiin jatkamaan normaaleja ruokavaliotottumuksiaan sekä välttämään tutkimuksen ulkopuolista voimaharjoittelua tai muuta raskasta liikuntaa. Ennen tutkimuksen alkua tutkittaville selvennettiin, mitkä ovat tutkimuksen hyödyt ja mahdolliset riskit ja haitat sekä informoitiin tutkimuksen tutkimusasetelmasta. Tutkimukseen osallistuminen oli vapaaehtoista ja tutkittavat saivat keskeyttää tutkimuksen suorittamisen milloin tahansa ilman erityistä syytä.

6.2 Tutkimusasetelma

Tutkimus koostui 12 viikkoa kestävästä voimaharjoitusjaksosta. Alku- (pre) ja loppumittaukset (post) suoritettiin ennen voimaharjoitusjaksoa ja voimaharjoitusjakson päätyttyä 4–7 päivän päästä. Mittaukset sisälsivät vastus lateralis -lihaksen poikkipinta-alan (VL CSA) mittaamisen ultraäänen avulla sekä dynaamisen yhden toiston maksimin määrittämisen horisontaalisessa jalkaprässissä. Molemmat mittaukset suoritettiin saman mittauskerran aikana niin, että ultraäänikuvaus toteutettiin ensin. Tutkittavia ohjeistettiin olemaan harrastamatta raskasta liikuntaa pari päivää ennen mittauskertaa. Ruokavalioon ja ravitsemukseen liittyviä tekijöitä selvitettiin kyselyiden avulla, joista osa kysyttiin kahdesti ja osa vain kerran. Kyselyihin vastaaminen ajoitettiin niin, että tutkittavat vastasivat niihin harjoitusjakson ensimmäisellä viikolla ja/tai harjoitusjakson viimeisellä viikolla. Kyselyt täytettiin RedCap-kyselyjärjestelmässä. Tutkittaville annettiin linkit ja QR-koodit kyselyiden täyttämiseen ja he vastasivat kyselyihin vapaa-ajallaan. Tutkittavia ohjeistettiin vastaamaan kyselyihin mahdollisimman pian ne saatuaan. Tutkittavat jaettiin ennen pre-mittauksia neljään ryhmään ja nämä ryhmät aloittivat tutkimuksen porrastetusti viikon välein toukokuun 2023 aikana. Tutkimus päättyi ryhmästä ja tutkittavasta riippuen elo-syyskuun 2023 aikana. Kuvassa 8 esitetään tutkimuksen tutkimusasetelma ja aikataulu.



KUVA 8. Tutkimuksen tutkimusasetelma ja aikataulu. 1 RM, yhden toiston maksimi. CSA, lihaksen poikkipinta-ala. EDE-Q, Eating disorder examination questionnaire. LEAF-Q, low-energy availability for females' questionnaire. LEAM-Q, low-energy availability for males' questionnaire.

6.3 Harjoitusohjelma

Harjoitusjakso kesti 12 viikkoa sisältäen yhteensä 23 harjoituskertaa. Yhden voimaharjoituskerran aikaan tehtiin viisi harjoitusliikettä. Näistä kaksi (horisontaalinen jalkaprässi ja polven ojennus) kohdistui alavartaloon ja kolme (alataljaveto, penkkipunnerrus laitteessa, hauiskääntö käsipainoilla) ylävartaloon. Jokaista liikettä tehtiin 4 sarjaa, joista ensimmäinen oli lähestymissarja (10 toistoa, 70 % harjoituspainosta). Seuraavat kolme sarjaa olivat työsarjoja, joista kaksi ensimmäistä tehtiin lähelle uupumusta (varaa 1–2 toistoa). Liikkeen viimeinen sarja tehtiin uupumukseen saakka. Jokaisessa liikkeessä tavoitetoistomäärä oli 8–12 toistoa/sarja. Valmistavan sarjan jälkeinen palautusaika oli minuutti, kun työsarjojen välillä palautusaika oli kaksi minuuttia. Ennen jokaista harjoituskertaa tutkittavat suorittivat vakioidun alkulämmittelyn: 10 kyykyä kehonpainolla, 5 rintarangan kiertoa syväkyykyssä, 5 askelkyykyä/jalka, 5 polventuontia rintaan ja päkiälle nousu, 5 käden pyöritystä eteen ja 5 taakse sekä 5 mittarimatoa.

Harjoituskuormia kasvatettiin progressiivisesti viimeisen, uupumukseen asti tehdyn työsarjan toistomäärien perusteella. Toistojen ollessa 8–12 välillä, pysyi harjoituskuorma ennallaan. Toistomäärän ylittäessä 12 harjoituskuormaa lisättiin. Toistomäärien jäädessä alle 8, laskettiin harjoituskuormaa seuraavaan harjoitukseen. Tutkittavat ohjeistettiin tekemään jokainen liike täysillä liikeradoilla ja niin, että eksentrisen vaihe on hallittu ja kestää noin 2 s. Konsentrisen vaihe tuli suorittaa mahdollisimman nopeasti. Jalkaprässin lähtöasennossa (polvet koukussa) polvikulma oli 65° ja tämä mitattiin goniometrin avulla jokaiselle tutkittavalle erikseen. Tutkittavat täyttivät koko harjoitusjakson ajan harjoituspäiväkirjaa, johon tutkittavat merkitsivät jokaisen harjoituskerran jokaisen liikkeen viimeisen sarjan toistomäärän sekä kuorman suuruuden. Kaikki harjoitukset olivat valvottuja tutkimushenkilökunnan toimesta.

6.4 Mittaukset ja aineiston keräys

Lihaksen poikkipinta-ala. Vastus lateralis -lihaksen poikkipinta-alan mittaamiseen käytettiin ultraäänikuvantamista. Ultraäänikuvat otettiin oikean jalan vastus lateralis -lihaksesta 60 mm leveällä äänipäällä 13 MHz taajuudella (SSD-a10, Aloka Co. Ltd, Tokio, Japani) laajennettua näkökentän tilaa (eng. extended-field-of-view mode) ja heijastusintensiiteettiä (eng. echo intensity, EI) hyödyntäen. Mittauskohta alkumittauksissa merkattiin tutkittavan ihoon

tatuoinnilla, jotta ultraäänikuvaus voitaisiin suorittaa myös loppumittauksissa samasta kohdasta. Jos tutkittava ei suostunut tatuointiin, käytettiin vaihtoehtoisesti mittanauhaa ja kuvia saman paikan tunnistamiseksi loppumittauksissa. Ultraäänikuvien analysointi toteutettiin ImageJ-ohjelmalla (National institute of health, Bethesda, Maryland, Yhdysvallat). Kaikki ultraäänimittaukset ja kuvien analysoinnin suoritti sama tutkija.

Maksimivoima. Maksimaalisen konsentrisen bilateraalisen voimantuoton mittaamiseen (yhden toiston maksimi, 1 RM) käytettiin David 210 (David Health Solutions Ltd., Helsinki, Suomi) horisontaalista jalkaprässiä. 1 RM mittauksissa polvikulma liikkeen lähtöasennossa oli sama kuin harjoituksissa (65°) ja se mitattiin goniometrillä. Maksimivoimamittaus aloitettiin vakioidulla lämmittelyllä, joka sisälsi kolmen minuutin pyöriilyn omavalintaisella vastuksella, 10 kehonpainokyykkyä, 5 askelkyykkyä/jalka, 5 mittarimatoa ja 5 polven tuontia rintaan päkiälle noustessa. Tämän jälkeen suoritettiin neljä kevennyshyppyä. Lämmittelyn jälkeen ja ennen varsinaisia 1 RM suorituksia, tutkittavat tekivät kaksi lämmittelysarjaa jalkaprässissä. Ensimmäisessä lämmittelysarjassa tehtiin 10 toistoa 40–60 % arvioidusta 1 RM:stä ja toisessa lämmittelysarjassa toistomäärä oli viisi ja intensiteetti 60–80 % arvioidusta 1 RM:stä. Lämmittelysarjojen välinen palautusaika oli yksi minuutti. Jokainen varsinainen 1 RM suoritus aloitettiin jalat ojennettuina suoraksi. Suoritus alkoi niin, että tutkija avusti tutkittavaa ojentamaan jalat suoraksi vetämällä jalkatuessa olevasta nauhasta. Varsinainen suoritus alkoi tutkijan komennosta, jonka jälkeen tutkittava palautti jalat koukkuun haluamallaan nopeudella. Kun liike pysähtyi ala-asentoon, tutkija antoi äänimerkin, jolloin tutkittava pyrki ojentamaan jalat suoraksi. Mikäli tutkittava aloitti jalkojen ojentamisen ennen äänimerkkiä, suoritus hylättiin. Jokaisen 1 RM suorituksen jälkeen oli noin 3 minuutin tauko. Kuormaa lisättiin tutkijan ja tutkittavan arvioiden mukaisesti. 1 RM määritettiin 2,5 kg tarkkuudella ja se pyrittiin määrittämään 4–5 yrityksen aikana. Kuormaa lisättiin jokaisen onnistuneen suorituksen jälkeen, kunnes tutkittava ei enää kyennyt nostamaan kuormaa. 1 RM:ksi määritettiin kuorma, jonka tutkittava kykeni suorittamaan hyväksytysti.

Kehon koostumus. Tutkittavien kehon koostumusta mitattiin ennen ja jälkeen voimaharjoittelujakson InBody 720-bioimpedanssilaitteella (Inbody Co. Ltd, Seoul, Korea). Tutkittavat saapuivat kehonkoostumusmittaukseen yön yli kestäneen paaston jälkeen (vähintään 10 h paasto). Tutkittavia ohjeistettiin välttämään raskasta liikuntaa vähintään 24 tuntia ennen mittausta. Tässä tutkimuksessa oltiin kiinnostuneita vain tutkittavien kehon painosta.

Ruoankäyttökysely. Ruoankäyttökyselyn avulla pyrittiin selvittämään ja kuvastamaan tutkittavien tavanomaista ruokavaliota. Tutkimuksessa käytetty semikvantitatiivinen ruoankäyttökysely perustui Terveiden ja hyvinvoinnin laitoksen (THL) kehittämään ja validoituun ruoankäyttökyselyyn. Ruoankäyttökysely tarjoaa tietoa henkilön ravitsemuksesta ja ruokavaliosta pitkältä aikaväliltä. Kyselyn ensisijainen tavoite ei ole mitata absoluuttisia ruoka-aineiden saantimääriä vaan sen avulla tutkittavat voidaan asettaa järjestykseen ruoka-aineiden saannin perusteella. (Männistö ym. 2019) Tässä tutkimuksessa käytetty ruoankäyttökysely sisälsi yhteensä 135 ruoka-ainetta, jotka ryhmiteltiin seuraaviin kategorioihin: maitovalmisteet; viljavalmisteet; leivän päällä käytettävät rasvat; kasvikset; peruna, pasta ja riisi; liharuoat; kalaruoat; broileri, kalkkuna ja kananmuna; hedelmät ja marjat; jälkiruoat; makeiset ja muut naposteltavat; juomat. Lisäksi kyselyn lopussa kysyttiin vitamiini- ja kivennäisvalmisteiden sekä lisäravinteiden käyttöä. Jokaisen ruoka-aineen käyttötiheys kirjattiin kymmenessä eri frekvenssiluokassa, jotka vaihtelivat välillä ei lainkaan ja vähintään kuusi kertaa päivässä. Jokaisen ruoka-aineen frekvenssiluokka pisteytettiin samalla tavalla, minkä avulla tutkittavat pystyttiin asettamaan järjestykseen eri ruoka-aineiden saantien perusteella. Pisteytys on esitetty tarkemmin taulukossa 6. Toisin sanoen ruoankäyttökyselystä saatu pistemäärä osoittaa, kuinka usein henkilö käyttää kyseessä olevaa ruoka-ainetta. Suurempi pistemäärä viittaa ruoka-aineen tiheämpään käyttöön. Kyselyn jokaiselle ruoka-aineella annettiin esimerkki annos. Jos tutkittavan käyttämä annoskoko oli suurempi tai pienempi kuin rivillä mainittu esimerkkiannos, ohjeistettiin tutkittavaa arvioimaan käyttötiheys hieman todellista pienemmäksi tai suuremmaksi. Tutkittavia ohjeistettiin kuvailemaan ruoka-aineiden saantia edeltävän kolmen kuukauden ajalta. Ruoankäyttökysely kysyttiin kahdesti, harjoitusjakson alussa ja lopussa.

TAULUKKO 6. Tutkimuksessa käytetyn ruoankäyttökyselyn frekvenssiluokat ja niiden pisteytys.

Frekvenssiluokka	Pistemäärä
Ei lainkaan	0
Alle kerran kuukaudessa	1
1–3 krt/kk	2
Kerran viikossa	3
2–4 krt/vko	4
5–6 krt/vko	5
Kerran päivässä	6
2–3 krt/pv	7
4–5 krt/pv	8
6+ krt/pv	9

EDE-Q-kysely. Häiriintynyttä syömiskäyttäytymistä kysyttiin Eating disorder examination -kyselyn (EDE-Q 6.0) avulla. EDE-Q perustuu EDE (eating disorder examination) haastatteluun, jota pidetään syömishäiriöoireilun mittaamisen kultaisena standardina (Welch ym. 2011; Mond ym. 2004). Syömishäiriökäyttäytymisen seulomisen lisäksi EDE-Q:ta on hyödynnetty myös alhaisen energiansaannin tarkasteluun yhdessä LEAF-Q -kyselyn (Low energy availability in females questionnaire) kanssa (Sim & Burns 2021). Tässä tutkimuksessa käytettiin EDE-Q 6.0:n suomennettua versiota, jonka on todettu olevan luotettava ja validi (Isomaa ym. 2016). Kysely sisältää 28 kysymystä, jotka on jaettu neljään kategoriaan: syömisen rajoittaminen, syömiseen, kehon muotoon ja kehon painoon liittyvät huolet. Kyselystä voidaan tarkastella koko kyselystä saatua kokonaispistemäärää tai kategorioiden myötä vain jotakin tiettyä osa-aluetta. Kyselyn kokonaispistemäärä lasketaan laskemalla osa-alueiden pistemäärät yhteen ja jakamalla tämä osa-alueiden lukumäärällä. Yksittäisen osa-alueen pistemäärä lasketaan laskemalla kyseisen osa-alueen vastausten pistemäärä yhteen ja jakamalla tämä kyseisen osa-alueen kysymysten lukumäärällä. Mitä korkeampi pistemäärä kyselystä tai sen osa-alueesta saadaan, sitä todennäköisemmin ja useammin syömishäiriöoireilua esiintyy. Kysely ja sen väittämät koskivat edellistä 28 päivää. Kyselyn kysymyksiin 1–12 ja 19–28 vastattiin 7-portaisella Likertin-asterikolla vaihtoehtojen olevan välillä ei lainkaan-joka päivä. Kysymykset 13–18 olivat avoimia kysymyksiä. (Isomaa ym. 2016) Kyselyn lopussa esitettiin vielä kysymyksiä tutkittavien painosta ja pituudesta sekä

kuukautiskiertoon liittyvistä asioista. Näitä ei kuitenkaan huomioida pistelaskussa. EDE-Q kysyttiin harjoitusjakson alussa ja lopussa.

LEAF-Q & LEAM-Q -kyselyt. Energiansaannin arvioimiseksi tässä tutkimuksessa käytettiin EDE-Q:n lisäksi naisille suunnattua LEAF-Q:ta (Low Energy Availability in Females Questionnaire) ja miehille suunnattua LEAM-Q:ta (Low Energy Availability in Males Questionnaire). LEAF-Q on validoitu kyselylomake, jolla voidaan arvioida tutkittavien alhaisen energian saatavuuden riskiä niiden oireiden perusteella, joiden on yleisesti todettu liittyvän alhaiseen energian saatavuuteen. Kysely sisältää kysymyksiä liittyen nykyisiin ja aiempiin vammoihin ja sairauksiin sekä suoliston toimintaan, kuukautisiin ja hormonivalmisteiden käyttöön. LEAF-Q sisältää yhteensä 25 kysymystä. Jokainen kysymys on pisteytetty, minkä perusteella kyselystä saadaan kokonaispistemäärä. Kysymyksistä saatavat pistemäärät ovat riippuvaisia oireiden useudesta ja vakavuudesta. Alhaisen energian saatavuuden riski on kasvanut, mikäli kyselystä saatu kokonaispistemäärä on ≥ 8 . (Melin ym. 2014) LEAM-Q on niin ikään alhaisen energian saatavuuden arviointiin kehitetty kyselylomake. LEAM-Q sisältää 42 kysymystä huimaukseen, suoliston toimintaan, loukkaantumisiin, sairauksiin, hyvinvointiin ja palautumiseen liittyen. Alkuperäinen LEAM-Q kysely sisältää myös kysymyksiä seksuaalisesta halukkuudesta, mutta nämä kysymykset jätettiin tässä tutkimuksessa pois kyselylomakkeesta, joten lopullinen kysymysten määrä tässä tutkimuksessa käytetyssä LEAM-Q:ssa oli 38. Jokainen kysymys pisteytettiin ja mitä suurempi kokonaispistemäärä kyselystä saadaan, sitä todennäköisempää riski alhaisen energian saatavuudelle on. (Lundy ym. 2022) Tutkittavat vastasivat LEAF-Q:n ja LEAM-Q:n harjoitusjakson lopussa.

Ruokavalioideksi. Tässä tutkimuksessa tutkittavien ruokavalioiden laatua suhteessa pohjoismaisiin ravitsemussuosituksiin arvioitiin Ruokavalioiden indeksin (eng. Health diet index, HDI) avulla. Ruokavalioiden indeksi pohjautuu Dehkon 2D-hankkeessa kehitettyyn ruoankäyttökyselyyn (Hemiö ym. 2014; Lindström ym. 2021). Alkuperäisessä ruoankäyttökyselyssä oli 16 kysymystä, kun päivitettyssä ruokavalioiden indeksissä, on yhteensä 18 kysymystä. Kyselystä saadaan pistemäärä, joka kuvastaa vastaajan ruokavalioiden kokonaislaatua suhteessa pohjoismaisiin ravitsemussuosituksiin. Ruokavalioiden indeksi sisältää seitsemän osa-alueita, joista jokaisesta voi saada tietyn määrän pisteitä. Osa-alueet ovat ateriarytmi (0–10 p), viljavalmisteet (0–20 p), hedelmät ja kasvikset (0–20 p), rasvan laatu (0–15 p), kala ja liha (0–10 p), maitovalmisteet (0–10 p) sekä naposteltavat ja energiapitoiset juomat (0–15 p).

Maksimipistemäärä kyselyssä on 100 ja mitä korkeampi saatu pistemäärä indeksistä tai jostakin sen osa-alueesta saadaan, sitä terveellisempi, ravitsemussuosituksen mukainen, ruokavalio on. (Lindström ym. 2021) Tutkittavat vastasivat ruokavalioindeksi-kyselyyn harjoitusjakson alussa.

6.5 Tilastolliset analyysit

Tulosten analysoiminen toteutettiin IBM SPSS Statistics (version 28.0) ja Microsoft Excel 2016 -ohjelmilla. Tulokset esitetään keskiarvoina ja keskihajontoina ($SD \pm$). Muuttujien normaalijakautuneisuus tarkistettiin Kolmogorov-Smirnovin testillä. Pääsääntöisesti muuttujat eivät olleet normaalijakautuneita, mutta suuren otoskoon takia muuttujien välistä korrelaatiota tarkasteltiin Pearsonin korrelaatiokertoimella. Niiden muuttujien osalta, jotka eivät olleet normaalisti jakautuneita, analysointi tarkistettiin myös Spearmanin järjestyskorrelaatiokertoimella. Tulokset eivät juurikaan poikenneet toisistaan. Yksittäisten aikapisteiden välistä eroa tarkasteltiin joko parittaisella t-testillä tai ei-parametrisellä Wilcoxonin merkittyjen sijalukujen testillä riippuen muuttujien normaalijakautuneisuudesta. Kahden riippumattoman ryhmän keskiarvojen vertailuun käytettiin Mann-Whitney U -testiä. K-keskiarvojen klusteroinnilla tutkittavat jaettiin kolmeen ryhmään vastus lateralis -lihaksen poikkipinta-alan ja maksimivoiman muutoksen suhteen (matala, kohtalainen, korkea kehitys). Ryhmät mahdollistivat ryhmien välisten ravitsemuksellisten tekijöiden eroavaisuuksien tarkastelun. Ryhmien välisiä eroja analysoitiin Kruskal-Wallis ei-parametrisellä testillä, koska pääosin muuttujat eivät olleet normaalijakautuneita. Tilastollisen merkitsevyyden rajaksi asetettiin $p < 0,05$.

7 TULOKSET

Yhteensä 174 tutkittavaa suoritti 12 viikon voimaharjoittelujakson sekä alku- ja loppumittaukset. Vastus lateralis -lihaksen poikkipinta-ala (VL CSA) kasvoi tilastollisesti merkitsevästi koko tutkimusjoukossa keskimäärin $13,7 \pm 5,0$ % ($p < 0,001$). Maksimaalinen bilateraallinen voimantuotto (1 RM) kasvoi tilastollisesti merkitsevästi keskimäärin $19,2 \pm 9,4$ % ($p < 0,001$). Jokaisella tutkittavalla VL CSA kasvoi (3,6–27,9 %). 1 RM niin ikään kasvoi koko tutkimusjoukolla poikkeuksena yksi tutkittava, jolla 1 RM:ssä ei havaittu muutosta (0–52,4 %). VL CSA ja 1 RM tulokset on esitetty taulukossa 7.

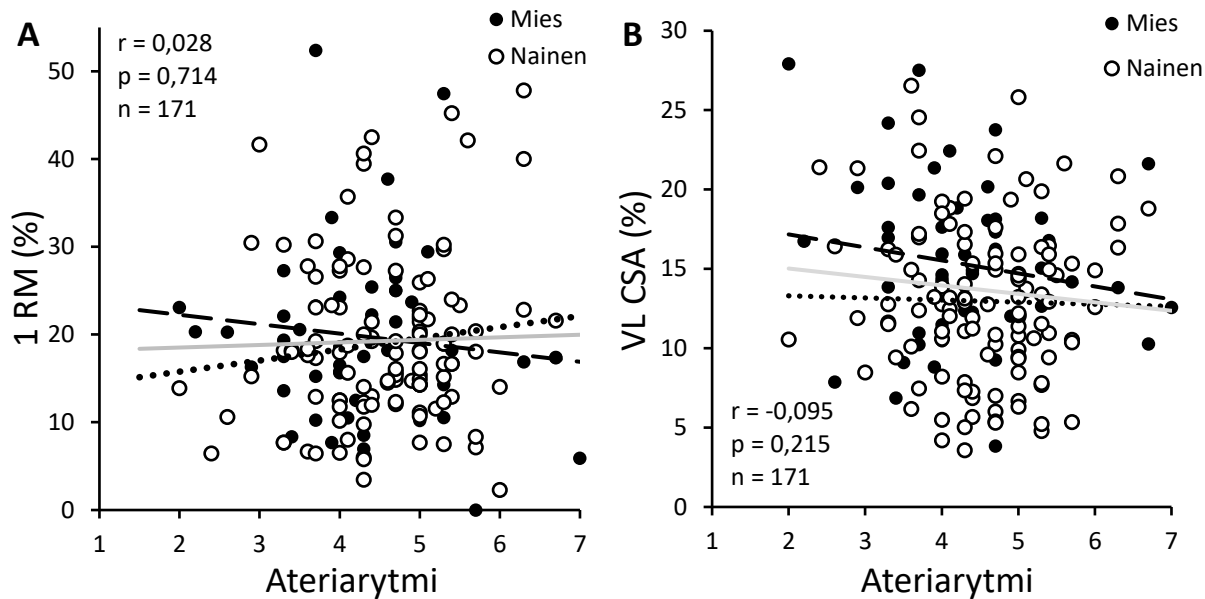
TAULUKKO 7. Maksimaalisen bilateraallisen voimantuoton (1 RM) ja vastus lateralis -lihaksen poikkipinta-alan (VL CSA) tulokset tutkimuksen alku- ja loppumittauksissa ja niiden muutos (keskiarvo + SD).

	Pre	Post	$\Delta\%$
VL CSA (cm ²)	$18,8 \pm 4,7$	$21,3 \pm 5,2$	$13,7 \pm 5,0^*$
1 RM (kg)	$152,5 \pm 38,5$	$180,6 \pm 42,5$	$19,2 \pm 9,4^*$

* = tilastollisesti merkitsevä ero aikapisteiden välillä ($p < 0,001$).

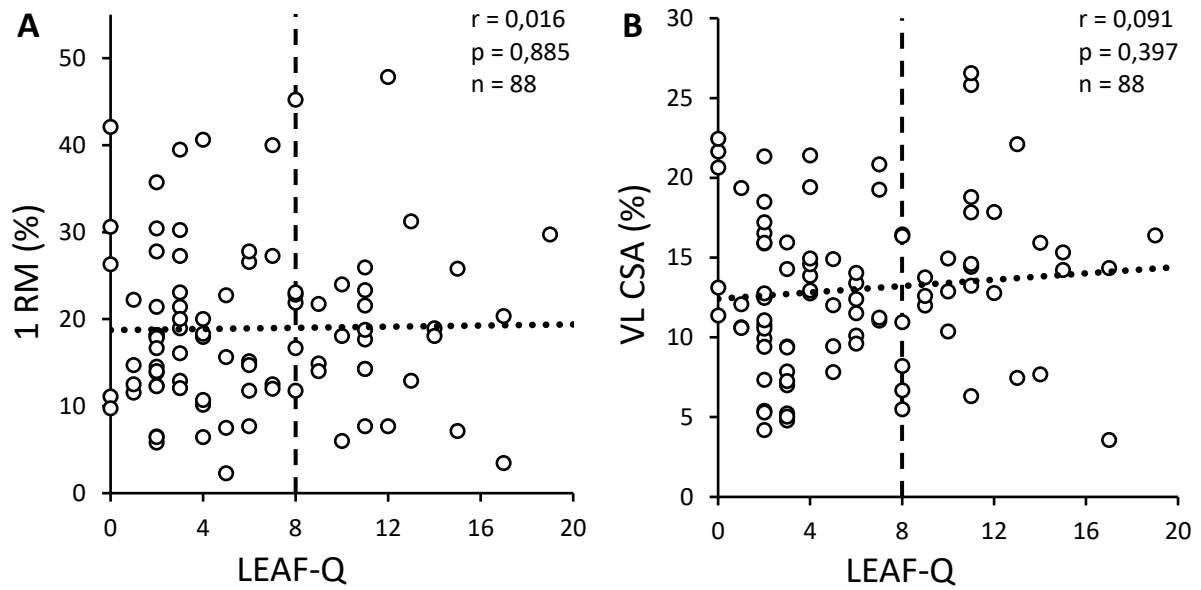
7.1 Ravitsemuksen vaikutus maksimivoimaan ja lihaksen poikkipinta-alaan

Tutkittavista 171 vastasi ateriarytmiin liittyviin kysymyksiin. Keskimäärin tutkittavat söivät $4,5 \pm 0,9$ kertaa arkipäivässä. Tutkittavista 90,1 % ilmoitti syövänsä keskimäärin 3–6 kertaa arkipäivässä. Yhdeksän tutkittavaa ilmoitti syövänsä arkipäivien aikana keskimäärin alle 3,0 krt/pv ja yli 6,0 krt/pv ilmoittaneiden määrä oli kahdeksan. Ateriarytmi ei korreloinut 1 RM:n suhteellisen muutoksen kanssa ($r = 0,028$, $p = 0,714$). Ateriarytmin lisäksi tarkasteltiin pääaterioiden (aamiainen, lounas, päivällinen/illallinen) saantia arkipäivien aikana. Keskimäärin tutkittavat söivät $2,7 \pm 0,4$ pääateriaa arkipäivässä. Myöskään pääaterioiden määrä ei korreloinut 1 RM:n suhteellisen muutoksen kanssa ($r = 0,054$, $p = 0,479$). 1 RM:n suhteellisen muutoksen tavoin ateriarytmin ei havaittu olevan yhteydessä VL CSA:n suhteelliseen muutokseen ($r = -0,095$, $p = 0,215$). Myöskään pääaterioiden määrä ei korreloinut VL CSA:n suhteellisen muutoksen kanssa ($r = -0,074$, $p = 0,333$). Kuvassa 9 esitetään ateriarytmin ja 1 RM:n sekä VL CSA:n suhteellisen muutoksen väliset riippuvuudet.



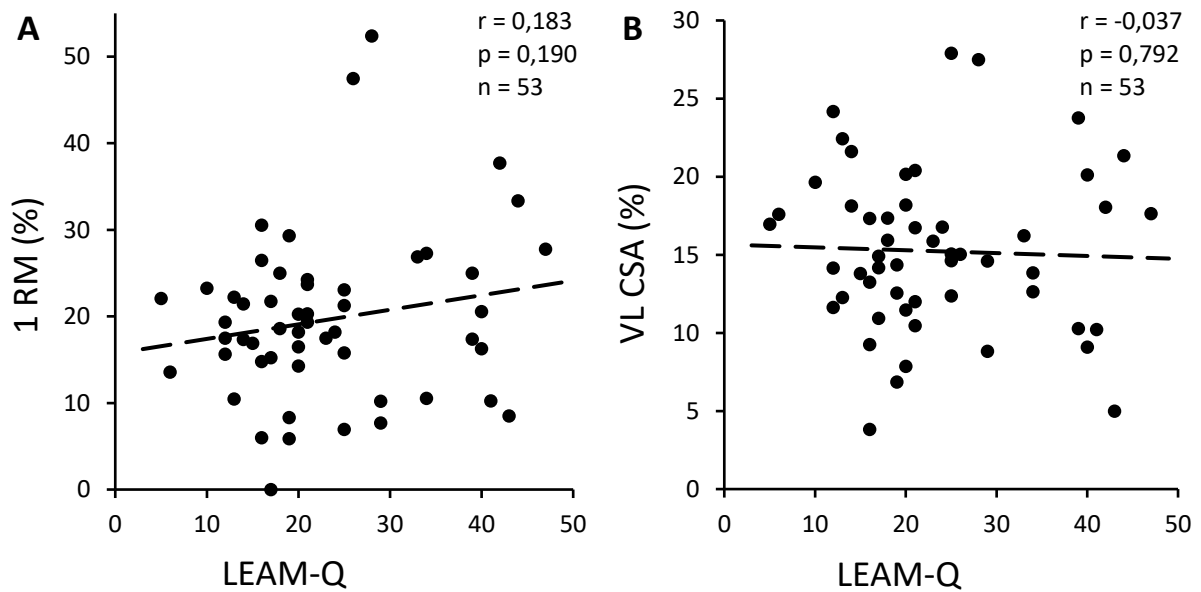
KUVA 9. Ateriarytmin ja 1 RM:n muutoksen välinen riippuvuus (A) ja ateriarytmin ja VL CSA muutoksen välinen riippuvuus (B). Kuvassa esitetyt regressiosuorat kuvaavat muuttujien välistä yhteyden voimakkuutta koko tutkimusjoukossa (harmaa viiva) sekä miesten (katkoviiva) ja naisten (pisteviiva) välillä erikseen.

Alhaisen energian saatavuuden riskiä tarkasteltiin LEAF-Q ja LEAM-Q -kyselyiden avulla. LEAF-Q kyselyyn vastanneista 88 naisesta, 31 sai kyselystä ≥ 8 pistettä eli heillä riski alhaisen energian saatavuudelle oli kohonnut. Tutkittavat saivat kyselystä keskimäärin $6,07 \pm 4,7$ pistettä. LEAF-Q -kyselystä saatu pistemäärä ei korreloinut 1 RM:n ($r = 0,016$, $p = 0,885$) eikä VL CSA:n ($r = 0,091$, $p = 0,397$) suhteelliseen muutoksen kanssa (kuva 10). Myöskään kyselystä < 8 pistettä saaneiden ja ≥ 8 pistettä saaneiden välillä ei havaittu tilastollisesti merkitsevää eroa 1 RM:n ($18,6 \pm 9,5$ % vs. $19,6 \pm 9,9$ %, $p = 0,476$) tai VL CSA:n suhteellisessa muutoksessa ($12,6 \pm 4,8$ % vs. $13,7 \pm 5,4$ %, $p = 0,258$).



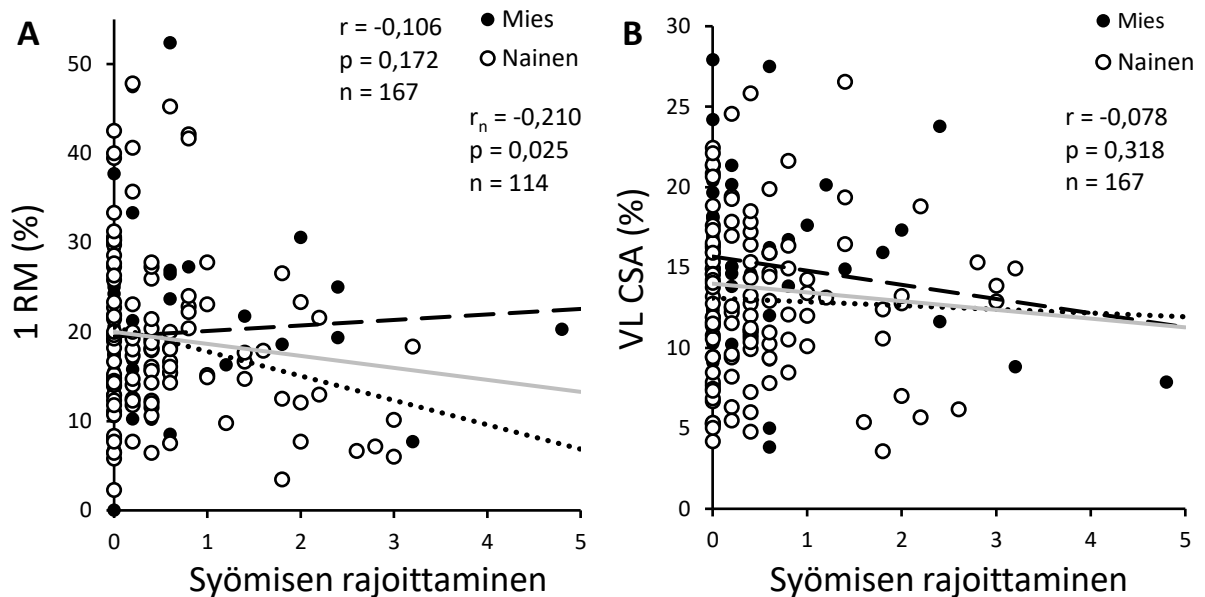
KUVA 10. LEAF-Q -kyselyn ja 1 RM:n (A) ja VL CSA:n (B) suhteellisen muutoksen välinen riippuvuus. Pystysuuntainen katkoviiva osoittaa raja-arvoa, jonka kohdalla tai sen ylittyessä riski alhaisen energian saatavuudelle on kasvanut.

LEAM-Q -kyselyyn vastasi 53 tutkittavaa. Tutkittavat saivat kyselystä keskimäärin $23,3 \pm 10,5$ pistettä. Niin ikään miehille suunnattu alhaisen energian saatavuuden riskiä seulova kysely ei korreloinut 1 RM:n ($r = 0,183$, $p = 0,190$) eikä VL CSA:n ($r = -0,037$, $p = 0,792$) suhteellisen muutoksen kanssa (kuva 11).



KUVA 11. LEAM-Q -kyselyn ja 1 RM:n (A) sekä VL CSA:n (B) suhteellisen muutoksen välinen riippuvuus.

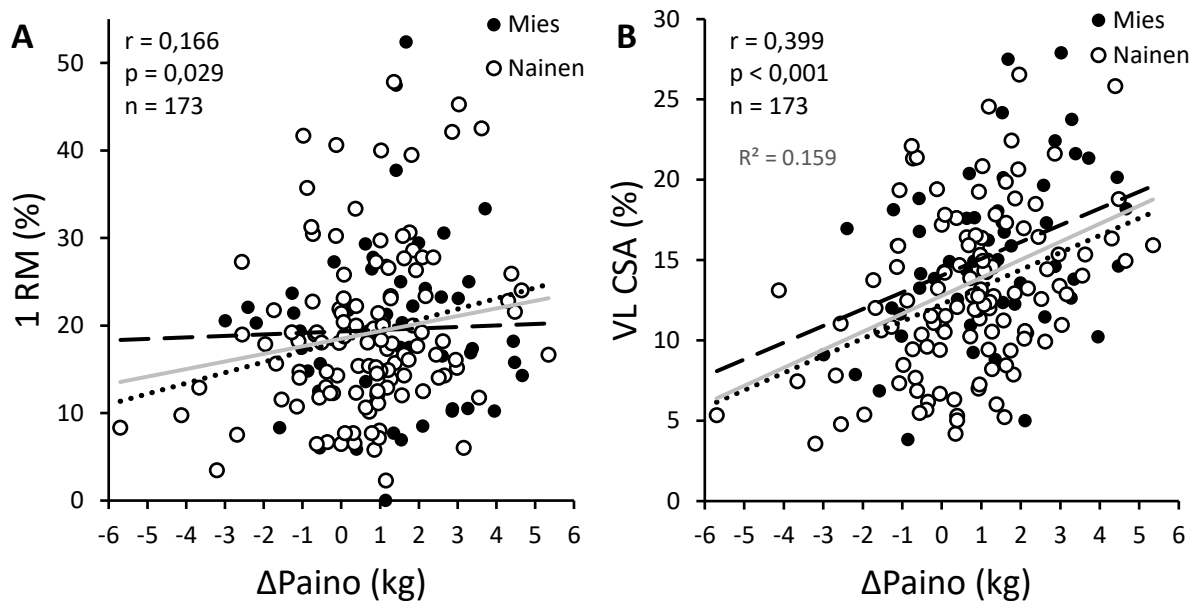
EDE-Q -kyselystä tarkasteltiin vain kyselyn ensimmäisen osion (syömisen rajoittaminen, kysymykset 1–5) korrelaatiota 1 RM:n ja VL CSA:n suhteelliseen muutokseen. Kyselyiden (pre vs. post) tulokset eivät eronneet tilastollisesti merkitsevästi toisistaan ($p = 0,213$). Kyselyn toistettavuus oli hyvä ICC-arvon ollessa 0,854 (intraclass correlation coefficient, ICC). EDE-Q:n, 1 RM:n ja VL CSA:n suhteellisen muutoksen tulosten analysoinnissa ja tarkastelussa käytettiin post-kyselyn tuloksia. Kyselyyn vastasi 167 tutkittavaa (53 miestä, 114 naista). Tutkittavat saivat kyselystä keskimäärin $0,54 \pm 0,8$ p. Syömisen rajoittaminen -osiosta saatu pistemäärä ei korreloinut tilastollisesti merkitsevästi 1 RM:n ($r = -0,106$, $p = 0,172$) suhteellisen muutoksen kanssa koko tutkimusjoukossa (kuva 12). Kuitenkin tilastollisesti merkitsevä negatiivinen korrelaatio havaittiin naisilla 1 RM:n suhteellisen muutoksen ja syömisen rajoittaminen -osion pistemäärän välillä ($r = -0,210$, $p = 0,025$). VL CSA:n suhteellisen muutoksen ja syömisen rajoittaminen -osion välillä ei havaittu tilastollisesti merkitsevää korrelaatiota ($r = -0,078$, $p = 0,318$) (kuva 12).



KUVA 12. EDE-Q syömisen rajoittaminen -osion pistemäärän ja 1 RM:n (A) sekä VL CSA:n (B) suhteellisen muutoksen välinen riippuvuus. Kuvassa esitetyt regressiosuorat kuvaavat muuttujien välistä yhteyden voimakkuutta koko tutkimusjoukossa (harmaa viiva) sekä miesten (katkoviiva) ja naisten (pisteviiva) välillä erikseen. r_n = naisten 1 RM:n muutoksen ja syömisen rajoittaminen -osion korrelaatio.

Tutkittavien energiatasapainoa aikana tarkasteltiin näiden kyselyiden lisäksi myös mittaamalla tutkittavien kehon painon muutos voimaharjoittelujakson aikana. 173 tutkittavalta kehon paino

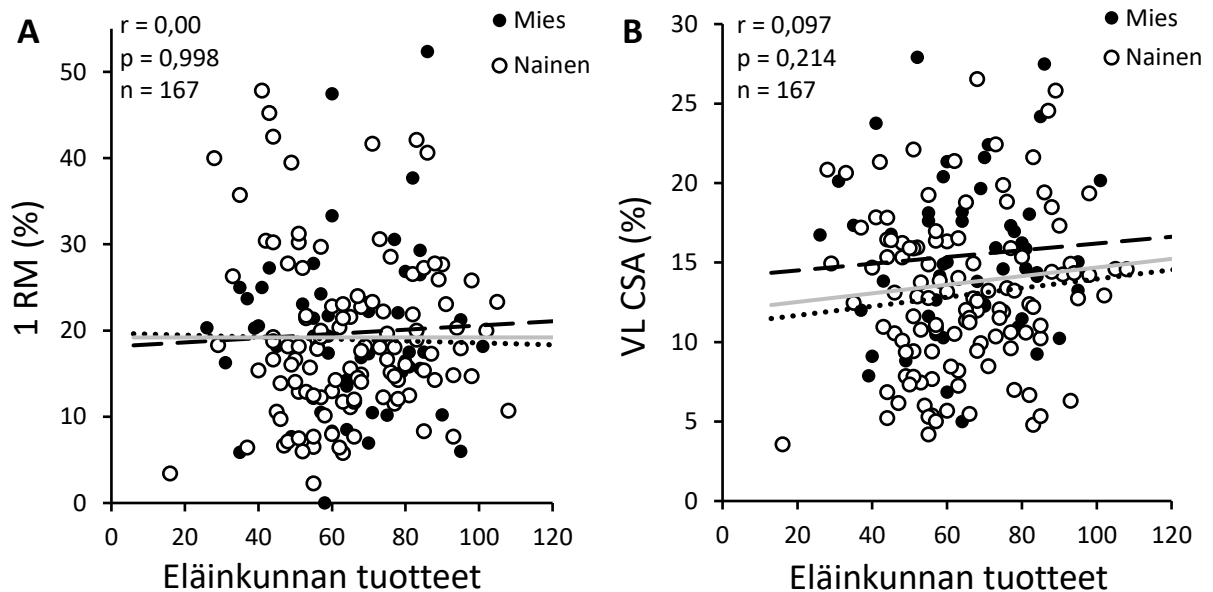
mitattiin sekä harjoitusjakson alussa että lopussa mahdollistaen muutoksen tarkastelun. Keskimäärin tutkittavien kehon paino kasvoi $0,83 \pm 1,8$ kg ($p < 0,001$). Vaihteluväli kehon painon muutoksessa oli kuitenkin suurta ($-5,7$ – $5,3$ kg) ja 52 tutkittavalla havaittiin kehon painossa laskua voimaharjoittelujakson aikana. Kehon painon muutoksen havaittiin korreloivan tilastollisesti merkitsevästi sekä 1 RM:n ($r = 0,166$, $p = 0,029$) että VL CSA:n ($r = 0,399$, $p < 0,001$) suhteellisen muutoksen kanssa (kuva 13). Painon muutoksen selitysarvo VL CSA:n suhteellisen muutoksessa on noin 16 % (R-squared, R^2 0,159).



KUVA 13. Kehon painon muutos (kg), 1 RM:n (A) ja VL CSA:n (B) suhteellisen muutoksen välinen riippuvuus. Kuvassa esitetyt regressiosuorat kuvaavat muuttujien välistä yhteyden voimakkuutta koko tutkimusjoukossa (harmaa viiva) sekä miesten (katkoviiva) ja naisten (pisteviiva) välillä erikseen.

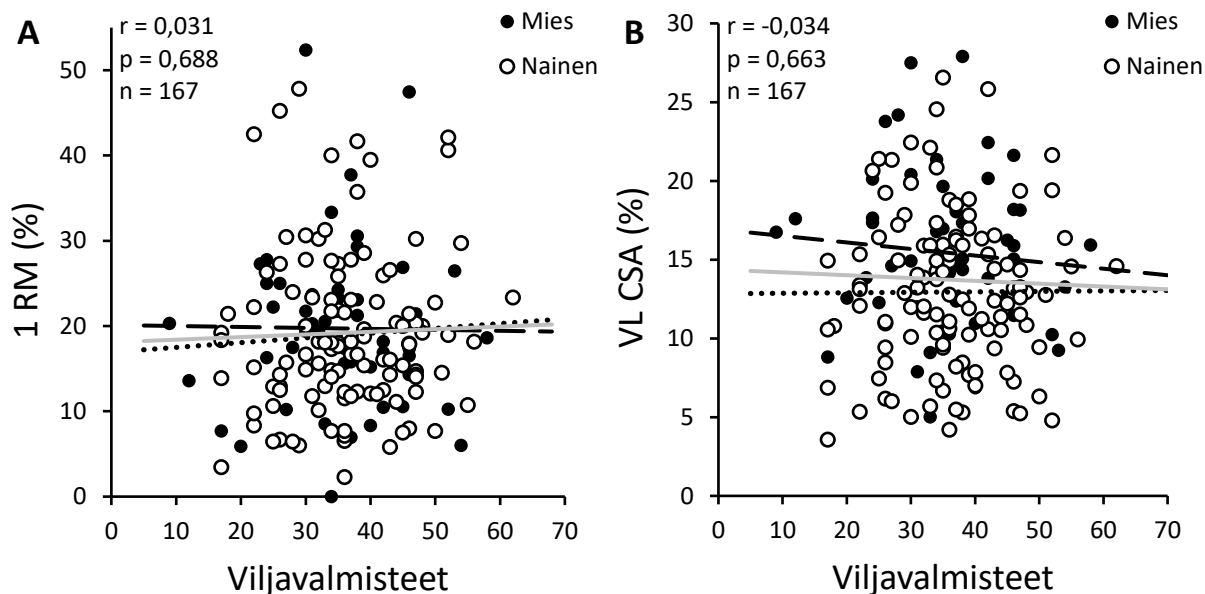
Ruoka-aineiden käyttöiheyttä mitattiin ruoankäyttökyselyn avulla. Pre-kyselyyn vastasi yhteensä 163 tutkittavaa ja post-kyselyyn 167 tutkittavaa. Ruoankäyttökyselyn tulokset eivät eronneet pre ja post -mittauksissa tilastollisesti merkitsevästi tässä tutkimuksessa tarkastelun kohteena olleiden muuttujien osalta (eläinkunnan tuotteet ($p = 0,059$), viljavalmisteet ($p = 0,197$) ja kasvikset ($p = 0,958$)). Ruoankäyttökyselyn toistettavuus eri muuttujien osalta oli myös erittäin hyvä (ICC-arvot 0,918, 0,897 ja 0,921). Ruoka-aineiden, 1 RM:n ja VL CSA:n suhteellisen muutoksen tulosten analysoinnissa käytettiin ruoankäyttökyselyn post-kyselyn tuloksia.

Eläinkunnan tuotteiden pistemäärä post-kyselyssä oli keskimäärin $64,4 \pm 18,1$ pistettä. Eläinkunnan tuotteiden pistemäärä ei korreloinut tilastollisesti merkitsevästi 1 RM:n ($r = 0,00$, $p = 0,998$) eikä VL CSA:n ($r = 0,097$, $p = 0,214$) suhteellisen muutoksen kanssa (kuva 14). 1 RM:n ja VL CSA:n suhteellisen muutoksen korrelaatiota tarkasteltiin eläinkunnan tuotteiden lisäksi myös niin, että eläinkunnan tuotteet ja pääasialliset kasvisproteiinilähteet laskettiin yhteen. Myös tässä tilanteessa 1 RM:n ja VL CSA:n suhteellisen muutoksen ja proteiininlähteiden välillä ei havaittu tilastollisesti merkitsevää korrelaatiota (1 RM $r = -0,009$, $p = 0,909$; VL CSA $r = 0,030$, $p = 0,703$).



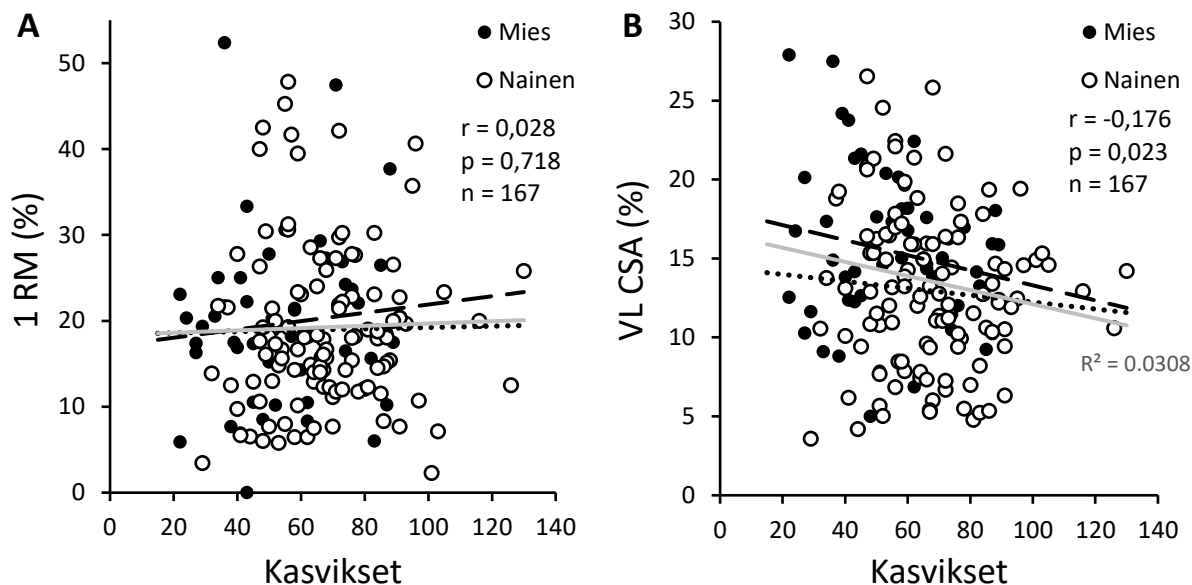
KUVA 14. Eläinkunnan tuotteiden pistemäärän ja 1 RM:n (A) sekä VL CSA:n (B) suhteellisen muutoksen välinen riippuvuus. Kuvassa esitetyt regressiosuorat kuvaavat muuttujien välistä yhteyden voimakkuutta koko tutkimusjoukossa (harmaa viiva) sekä miesten (katkoviiva) ja naisten (pisteviiva) välillä erikseen.

Viljavalmisteen pistemäärä post-kyselyssä oli keskimäärin $36,0 \pm 9,6$ p. Niin ikään viljavalmisteen pistemäärä ei korreloinut tilastollisesti merkitsevästi 1 RM:n suhteellisen muutoksen kanssa ($r = 0,031$, $p = 0,688$) (kuva 15). Myöskään tilastollisesti merkitsevää korrelaatiota ei havaittu viljavalmisteen pistemäärän ja VL CSA:n suhteellisen muutoksen välillä ($r = -0,034$, $p = 0,663$) (kuva 15).



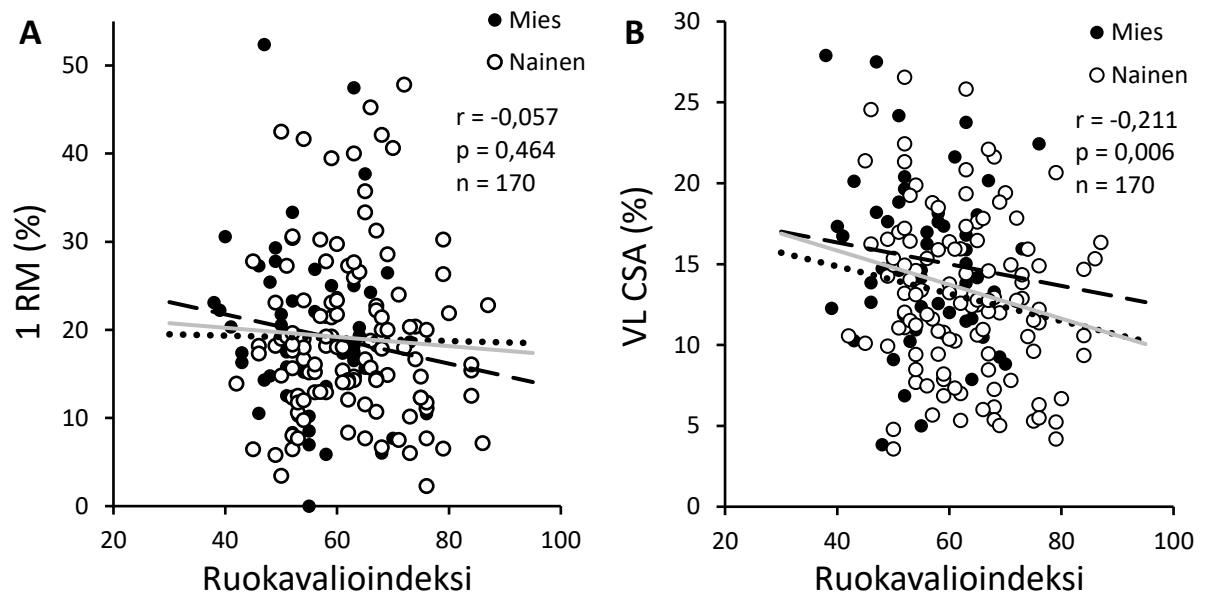
KUVA 15. Viljavalmisteeiden pistemäärän, 1 RM:n (A) ja VL CSA:n (B) suhteellisen muutoksen välinen riippuvuus. Kuvassa esitetyt regressiosuorat kuvaavat muuttujien välistä yhteyden voimakkuutta koko tutkimusjoukossa (harmaa viiva) sekä miesten (katkoviiva) ja naisten (pisteviiva) välillä erikseen.

Kasvisten pistemäärä post-kyselyssä oli tutkimusjoukossa keskimäärin $63,8 \pm 19,9$ pistettä. Kasvisten pistemäärän ja 1 RM:n suhteellisen muutoksen välillä ei havaittu tilastollisesti merkitsevää korrelaatiota ($r = 0,028$, $p = 0,718$). Sen sijaan kasvisten pistemäärän ja VL CSA:n suhteellisen muutoksen välillä havaittiin tilastollisesti merkitsevä heikko korrelaatio ($r = -0,176$, $p = 0,023$). Kuvassa 16 esitetään kasvisten pistemäärän, 1 RM:n ja VL CSA:n suhteellisen muutoksen välistä riippuvuutta pistehajontakuvioissa. Kasvisten pistemäärän voidaan todeta selittävän noin 3 % VL CSA:n suhteellisen muutoksen vaihtelusta ($R^2 0,031$).



KUVA 16. Kasvisten pistemäärän, 1 RM:n (A) ja VL CSA:n (B) suhteellisen muutoksen välinen riippuvuus. Kuvassa esitetyt regressiosuorat kuvaavat muuttujien välistä yhteyden voimakkuutta koko tutkimusjoukossa (harmaa viiva) sekä miesten (katkoviiva) ja naisten (pisteviiva) välillä erikseen.

Ruokavalioindeksikyselyyn vastasi yhteensä 170 tutkittavaa (54 miestä, 116 naista). Keskimäärin tutkittavat saivat kyselystä $60,3 \pm 10,3$ pistettä. Ruokavalioindeksin ja 1 RM:n suhteellisen muutoksen välillä ei havaittu tilastollisesti merkitsevää korrelaatiota ($r = -0,057$, $p = 0,464$). Puolestaan ruokavalioindeksin ja VL CSA:n suhteellisen muutoksen välillä havaittiin tilastollisesti merkitsevä heikko korrelaatio ($r = -0,211$, $p = 0,006$). Muuttujien välistä riippuvuutta esitetään kuvassa 17.



KUVA 17. Ruokavalioindeksin, 1 RM:n (A) ja VL CSA:n (B) suhteellisen muutoksen välinen riippuvuus. Kuvassa esitetyt regressiosuorat kuvaavat muuttujien välistä yhteyden voimakkuutta koko tutkimusjoukossa (harmaa viiva) sekä miesten (katkoviiva) ja naisten (pisteviiva) välillä erikseen.

Ravitsemuksen vaikutukset VL CSA:n muutokseen olivat kokonaisuudessaan vähäisiä, mutta toisin kuin maksimivoiman muutoksen osalta, tilastollisesti merkitseviä korrelaatioita havaittiin kasvisten pistemäärän ja ruokavalioindeksin välillä. Lisäksi painon muutoksen havaittiin korreloivan tilastollisesti merkitsevästi sekä 1 RM:n että VL CSA:n suhteelliseen muutokseen. Muut ravitsemukselliset muuttujat eivät korreloineet VL CSA:n suhteellisen muutoksen kanssa. Taulukossa 8 esitetään vielä yhteenvetona kaikkien pääasiallisten muuttujien väliset korrelaatiot korrelaatiomatriisissa.

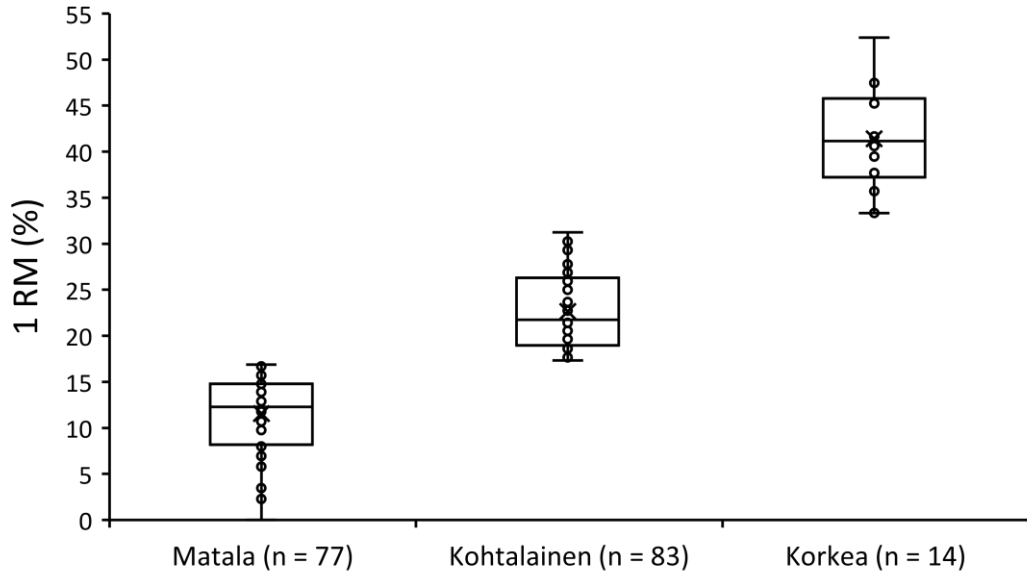
TAULUKKO 8. Muuttujien välinen Pearsonin korrelaatiomatriisi.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1. Ateriarytmi											
2. LEAF-Q	,260*										
3. LEAM-Q	-,027										
4. Syömisen rajoitus	-,104	,129	,099								
5. Eläinkunnantuot.	,104	,046	-,204	-,180*							
6. Viljavalmisteet	,289**	,030	-,081	-,173*	,507**						
7. Kasvikset	,178*	,031	-,133	-,082	,500**	,517**					
8. Ruokavaliaindeksi	,400**	,034	-,225	,134	,073	,298**	,498**				
9. ΔPaino	,150	,046	,180	-,018	,0128	,098	-,067	,031			
10. VL CSA (%)	-,095	,091	-,037	-,078	,097	-,034	-,176**	-,211**	,399**		
11. 1 RM (%)	,028	,016	,183	-,106	,000	,031	,028	-,057	,166*	,313**	

Tilastollinen merkitsevyys * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$.

7.2 Ravitsemuksen vaikutus yksilöiden välisiin eroihin harjoitusadaptaatioissa

Tutkittavat jaettiin maksimivoiman suhteellisen muutoksen perusteella kolmeen ryhmään keskiarvojen klusteroinnin avulla. Ryhmät luokiteltiin matalan, kohtalaisen ja korkean kehityksen ryhmiksi, mitä havainnollistetaan kuvassa 18.



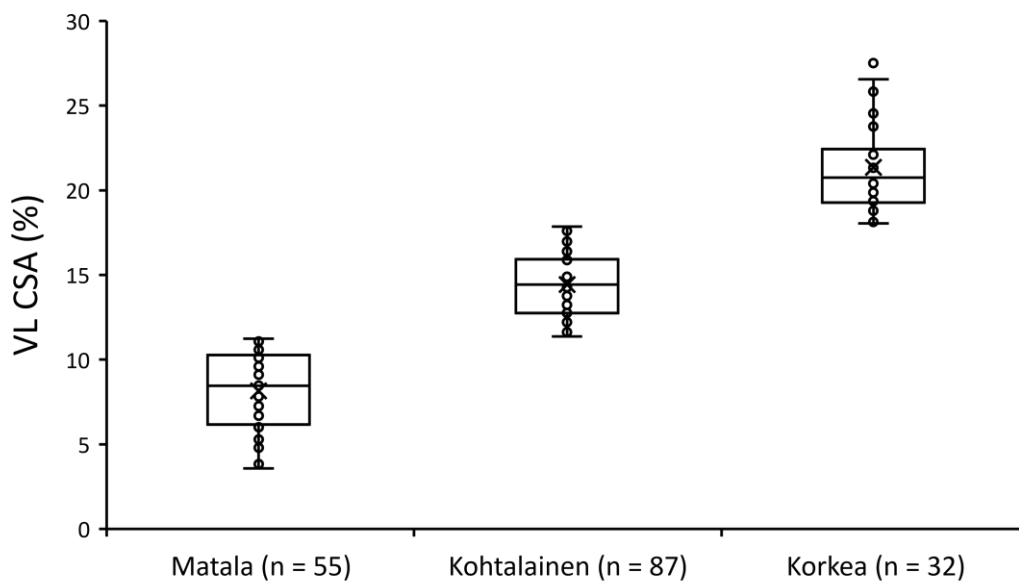
KUVA 18. Maksimivoiman suhteellisen muutoksen perusteella tutkittavien jako matalan, kohtalaisen ja korkean kehityksen ryhmiin k-keskiarvojen klusteroinnin avulla. Kuvassa esitetään jokaisen ryhmän keskimääräinen muutos (X) ja jokainen yksittäisen tutkittavan muutos (ympyrä).

Ryhmien välillä ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroavaisuuksia minkään tarkasteltavan ravitsemuksellisen muuttujan eikä kehon painon osalta. Kaikissa ryhmissä kehon paino kasvoi tilastollisesti merkitsevästi (matala $0,8 \pm 1,9$ kg, $p < 0,001$; kohtalainen $0,8 \pm 1,7$ kg, $p < 0,001$; korkea $1,4 \pm 1,5$ kg, $p = 0,003$). Alla olevassa taulukossa esitetään näiden kolmen eri ryhmän keskimääräiset maksimivoiman suhteellisen muutokset sekä keskimääräiset ryhmäkohtaiset tulokset kaikissa tarkasteltavissa muuttujissa (taulukko 9).

TAULUKKO 9. Tutkittavien jako 1 RM:n suhteellisen muutoksen perusteella matalan, kohtalaisen ja korkean kehityksen ryhmiin k-keskiarvojen klusteroinnin avulla ja muuttujien ryhmäkohtaiset keskiarvot.

Muuttuja	Matala	Kohtalainen	Korkea	p-arvo
1 RM (%)	11,6 ± 3,9 (n = 77)	22,6 ± 4,1 (n = 83)	41,4 ± 5,5 (n = 14)	< 0,001
Ateriarytmi (krt/pv)	4,5 ± 0,9 (n = 76)	4,4 ± 0,9 (n = 81)	4,7 ± 1,0 (n = 14)	0,642
LEAF-Q (p)	5,6 ± 4,3 (n = 41)	6,7 ± 5,0 (n = 40)	5,1 ± 4,1 (n = 7)	0,571
LEAM-Q (p)	22,8 ± 10,3 (n = 20)	22,0 ± 10,0 (n = 29)	35,0 ± 9,3 (n = 4)	0,055
Syömisen rajoitus (p)	0,6 ± 0,8 (n = 74)	0,6 ± 0,9 (n = 80)	0,3 ± 0,3 (n = 13)	0,970
Eläinkunnantuotteet (p)	64,3 ± 16,9 (n = 73)	65,4 ± 18,8 (n = 81)	59,1 ± 20,7 (n = 13)	0,589
Viljavalmisteet (p)	35,6 ± 9,6 (n = 73)	36,4 ± 9,8 (n = 81)	36,8 ± 9,2 (n = 13)	0,954
Kasvikset (p)	63,4 ± 19,3 (n = 73)	64,2 ± 20,7 (n = 81)	63,3 ± 19,7 (n = 13)	0,931
Ruokavaliaindeksi (p)	61,5 ± 10,7 (n = 76)	59,0 ± 10,2 (n = 80)	61,4 ± 7,8 (n = 14)	0,330
ΔPaino (kg)	0,8 ± 1,9 (n = 77)	0,8 ± 1,7 (n = 82)	1,4 ± 1,5 (n = 14)	0,340

Tutkittavat jaettiin vastaavalla tavalla myös VL CSA:n suhteellisen muutoksen perusteella kolmeen ryhmään k-keskiarvojen klusteroinnin avulla. Ryhmät luokiteltiin matalan, kohtalaisen ja korkean kehityksen ryhmiksi (kuva 19).



KUVA 19. Tutkittavien jako VL CSA:n suhteellisen muutoksen osalta k-keskiarvojen klusteroinnin avulla. Kuvassa esitetään jokaisen ryhmän keskimääräinen muutos (X) ja jokaisen yksittäisen tutkittavan muutos (ympyrä).

Ryhmien välillä havaittiin tilastollisesti merkitsevä eroavaisuus kasvisten pistemäärässä ($p = 0,015$) sekä kehon painon muutoksessa ($p < 0,001$). Korkean kehityksen ryhmässä kasvisten pistemäärä ($54,9 \pm 17,0$ p) oli tilastollisesti merkitsevästi pienempi kuin matalan ($66,4 \pm 20,7$ p, $p = 0,014$) ja kohtalaisen ($64,8 \pm 19,3$ p, $p = 0,048$) kehityksen ryhmissä. Matalan ja kohtalaisen kehityksen ryhmillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa ($p = 1,00$). Muissa ravitsemuksellisissa muuttujissa ryhmien välillä ei havaittu tilastollisesti merkitsevää eroa (taulukko 10). Korkean ja matalan kehityksen ryhmissä eroavaisuus kehon painon muutoksessa oli tilastollisesti merkitsevä ($+1,8 \pm 1,7$ kg vs. $-0,04 \pm 1,8$ kg, $p < 0,001$). Myös kohtalaisen kehityksen ryhmässä painon muutos oli tilastollisesti merkitsevästi erilainen kuin matalan kehityksen ryhmässä ($+1,0 \pm 1,6$ kg vs. $-0,04 \pm 1,8$ kg, $p = 0,007$). Korkean ja kohtalaisen kehityksen ryhmien välillä painon muutoksessa ei havaittu tilastollisesti merkitsevää eroa ($p = 0,130$). Kohtalaisen ja korkean kehityksen ryhmissä kehon paino kasvoi tilastollisesti merkitsevästi (kohtalainen $1,0 \pm 1,6$ kg, $p < 0,001$; korkea $1,8 \pm 1,7$ kg, $p < 0,001$), kun taas matalan kehityksen ryhmässä ei havaittu tilastollisesti merkitsevää muutosta ($-0,04 \pm 1,8$ kg, $p = 0,886$).

TAULUKKO 10. Tutkittavien jako VL CSA:n suhteellisen muutoksen perusteella matalan, kohtalaisen ja korkean kehityksen ryhmiin k-keskiarvojen klusteroinnin avulla ja muuttujien ryhmäkohtaiset keskiarvot.

Muuttuja	Matala	Kohtalainen	Korkea	p-arvo
VL CSA (%)	8,2 ± 2,3 (n = 55)	14,4 ± 1,9 (n = 87)	21,4 ± 2,8 (n = 32)	< 0,001
Ateriarytmi (krt/pv)	4,6 ± 0,9 (n = 84)	4,5 ± 0,8 (n = 55)	4,3 ± 1,1 (n = 32)	0,349
LEAF-Q (p)	7,1 ± 5,0 (n = 40)	5,2 ± 4,0 (n = 34)	5,2 ± 4,7 (n = 14)	0,160
LEAM-Q (p)	21,1 ± 8,9 (n = 28)	27,4 ± 11,2 (n = 11)	24,4 ± 12,2 (n = 14)	0,389
Syömisen rajoitus (p)	0,56 ± 0,8 (n = 82)	0,6 ± 0,9 (n = 55)	0,4 ± 0,7 (n = 30)	0,539
Eläinkunnantuotteet (p)	65,3 ± 19,1 (n = 82)	61,4 ± 15,4 (n = 54)	67,3 ± 19,5 (n = 31)	0,256
Viljavalmistet (p)	36,3 ± 10,0 (n = 82)	35,8 ± 9,9 (n = 54)	35,7 ± 8,2 (n = 31)	0,915
Kasvikset (p)	66,4 ± 20,7 (n = 82)	64,8 ± 19,3 (n = 54)	54,9 ± 17,0 (n = 31)	0,015
Ruokavalioindeksi (p)	62,0 ± 10,5 (n = 55)	60,4 ± 10,2 (n = 83)	57,3 ± 9,8 (n = 32)	0,150
ΔPaino (kg)	-0,04 ± 1,8 (n = 55)	1,0 ± 1,6 (n = 86)	1,8 ± 1,7 (n = 32)	< 0,001

8 POHDINTA

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli tarkastella ravitsemuksen vaikutuksia maksimivoiman ja vastus lateralis -lihaksen poikkipinta-alan muutoksiin harjoittelemattomilla nuorilla ja keski-ikäisillä aikuisilla 12 viikon voimaharjoittelujakson aikana. Lisäksi tutkimuksessa tarkasteltiin sitä, selittävätkö ravitsemukselliset tekijät yksilöiden välisiä eroja edellä mainituissa voimaharjoittelun adaptaatioissa. Ravitsemuksellisista muuttujista tässä tutkimuksessa oltiin kiinnostuneita ateriarytmistä, energian saatavuudesta, eläinkunnan tuotteiden, viljavalmisteiden ja kasvien saannista sekä pohjoismaisten ravitsemussuositusten mukaisesta ruokavaliosta. Tutkimuksen hypoteesina oli, että ateriarytmi, eläinkunnan tuotteiden saanti ja energian saatavuus olisivat yhteydessä erityisesti lihaksen poikkipinta-alan muutoksiin voimaharjoittelujakson aikana. Muiden ravitsemuksellisten tekijöiden (viljavalmisteiden ja kasvien saanti sekä ruokavaliaindeksi) ei oletettu olevan yhteydessä maksimivoiman ja lihaksen poikkipinta-alan muutoksiin voimaharjoittelujakson aikana.

12 viikon voimaharjoittelun aikana sekä 1 RM että VL CSA kasvoivat tilastollisesti merkitsevästi. 1 RM kehittyi keskimäärin noin 19 % ja lukuun ottamatta yhtä tutkittavaa kaikilla tutkittavilla 1 RM kasvoi. VL CSA kasvoi voimaharjoittelujakson aikana keskimäärin noin 14 % ja jokaisella tutkittavalla VL CSA:ssa havaittiin kasvua. Koko joukkoa tarkasteltaessa minkään ravitsemuksellisen tekijän ei havaittu olevan yhteydessä 1 RM:n suhteellisen muutoksen kanssa. Sen sijaan naisilla EDE-Q -kyselyn syömisen rajoittaminen -osiosta saatu korkeampi pistemäärä yhdistyi pienempään 1 RM:n muutokseen. Lisäksi kehon painon lisääntymisen havaittiin olevan yhteydessä 1 RM:n suurempaan muutokseen. 1 RM:n suhteellisen muutoksen perusteella tehtyjen matalan, kohtalaisen ja korkean kehityksen ryhmien välillä ei havaittu eroja missään tarkasteltavassa ravitsemuksellisessa muuttujassa. Kuitenkin 1 RM:n suhteellisen muutoksen perusteella tehdyt ryhmät osoittautuivat hyvin eri kokoisiksi (matala = 77, kohtalainen = 83, korkea = 14), mikä on syytä huomioida tulosten tarkastelussa. VL CSA:n suhteellisen muutoksen perusteella tehdyt ryhmät olivat sen sijaan tasaisemmin jakaantuneita (matala = 55, kohtalainen = 87, korkea = 32). Ravitsemuksellisten muuttujien vaikutus VL CSA:n suhteelliseen muutokseen olivat niin ikään vähäisiä. Kuitenkin ravitsemuksellisista muuttujista suurempi kasvien käyttötiheys sekä korkeampi pistemäärä ruokavaliaindeksistä olivat yhteydessä heikompaan VL CSA:n suhteelliseen muutokseen. Lisäksi kehon painon lisääntymisen havaittiin olevan yhteydessä suurempaan VL CSA:n muutokseen. Myös VL CSA:n suhteellisen muutoksen perusteella suoritettu ryhmäjako

matalan, kohtalaisen ja korkean kehityksen ryhmissä havaittiin kasvusten saannin olevan korkean kehityksen ryhmässä keskimäärin vähäisempää kuin matalan ja kohtalaisen kehityksen ryhmissä. Myös kehon painon muutoksessa ryhmien välillä havaittiin eroavaisuuksia, kun kohtalaisen ja korkean kehityksen ryhmissä kehon paino kasvoi voimaharjoittelujakson aikana, kun taas matalan kehityksen ryhmässä ei havaittu muutosta.

8.1 Ateriarytmi ja voimaharjoitteluadaptaatiot

Kuten edellä todettu, ateriarytmin ei havaittu korreloivan 1 RM:n tai VL CSA:n suhteellisen muutoksen kanssa. Tutkimusjoukko oli hyvin homogeeninen ateriarytmin osalta, kun keskimäärin tutkittavat söivät arkipäivän aikana $4,5 \pm 0,9$ kertaa päivässä. Suurin osa tutkittavista (90,1 %) ilmoitti syövänsä keskimäärin 3–6 kertaa arkipäivässä ja vain yhdeksän tutkittavaa ilmoitti syövänsä alle kolme kertaa päivässä ja kahdeksan yli kuusi kertaa päivässä. Varsinaisia tutkimuksia, jotka ovat nimenomaan keskittyneet ateriarytmin ja voimaharjoitteluadaptaatioiden yhteyksien selvittämiseen on hyvin rajallisesti. Monet tutkimukset, jotka ovat tarkastelleet ateriarytmin ja voimaharjoitteluadaptaatioiden välisiä yhteyksiä ovat keskittyneet nimenomaan proteiinipitoisten aterioiden saantiin ja usein nämä ateriat ovat olleet proteiinilisiä. (Schoenfeld & Aragon 2018)

Tässä tutkimuksessa tutkittavilta kysyttiin vain aterioiden määrä päivässä, eikä tarkemmin, kuinka monta proteiinipitoista ateriaa päivässä he syövät. Yksi ateria on siis voinut tarkoittaa esimerkiksi proteiinipitoisuudeltaan vähäistä hedelmävälipalaa tai vastaavasti runsaasti energiaa ja proteiinia sisältävää annosta. Näin ollen tämän tutkimuksen tuloksia on hankala suoraan verrata muihin tutkimuksiin. Kuitenkin tämän tutkimuksen tulokset ovat yhdenmukaisia Schoenfeldin ja Aragonin (2018) sekä Schoenfeldin ym. (2015) katsausten kanssa, joiden mukaan ateriatihedellä ei ole lihaskasvun kannalta suurta merkitystä, kun tiheys on noin 3–6 ateriaa päivässä.

Päiväkohtaisen ateriarytmin lisäksi tässä tutkimuksessa tarkasteltiin vielä tarkemmin pääaterioiden määrää, koska näiden on osoitettu sisältävän keskimäärin suurimman osan vuorokauden aikaisesta proteiininsaannista (Tieland ym. 2012; Gillen ym. 2017). Tulokset osoittivat, että myöskään pääaterioiden määrällä ei ollut vaikutusta 1 RM:n tai VL CSA:n suhteellisiin muutoksiin eikä ryhmien välillä ollut eroavaisuuksia. Tutkittavat söivät

pääaterioita säännöllisesti, keskimäärin lähes kaikki kolme pääateriaa joka päivä ($2,7 \pm 0,4$ pääateriaa päivässä). Näin ollen voidaan varovasti olettaa, että proteiiniinsaanti vuorokauden aikana on keskimäärin ollut tasaista, minkä on myös osoitettu olevan optimaalisempaa lihasproteiinisynteesin kannalta useissa tutkimuksissa (Areta ym. 2013, Mamerow ym. 2014, Moore ym. 2012; Yasuda ym. 2018).

Tässä tutkimusjoukossa niin aterioiden kokonaismäärä kuin pääaterioiden määrä vuorokauden aikana oli hyvin tasaista ja ääritapauksia (alle 3 tai yli 6 ateriaa/pv) oli hyvin vähän. Mahdollisesti tästä syystä, hypoteesin vastaisesti, ateriarytmin ei havaittu olevan yhteydessä tarkasteltaviin voimaharjoitteluadaptaatioihin. Mikäli aterioiden päiväkohtaisessa saannissa olisi ollut enemmän hajontaa, olisi tämä voinut mahdollisesti vaikuttaa tuloksiin. Ateriarytmin vaikutukset maksimivoimaan tai lihaksen poikkipinta-alaan vaikuttaisivat olevan vähemmän tärkeitä ravitsemuksellisia tekijöitä varsinkin, jos proteiinin saanti vuorokauden aikana aterioiden lukumäärästä huolimatta on riittävää. Kuitenkin lisää tutkimuksia vakuuttavampien johtopäätösten tekemiseksi tarvitaan. Tämän tutkimuksen tulosten perusteella voidaan todeta, että harjoittelemattomilla nuorilla ja keski-ikäisillä aikuisilla ateriarytmin pienellä vaihtelulla ei näytä olevan merkittävää vaikutusta 1 RM:n tai VL CSA:n muutoksiin voimaharjoittelujakson aikana.

8.2 Energian saatavuus, kasvikset ja voimaharjoitteluadaptaatiot

Energian saatavuutta pyrittiin tässä tutkimuksessa tarkastelemaan LEAF-Q:n, LEAM-Q:n ja EDE-Q -kyselyn syömisen rajoittaminen -osion avulla. Lisäksi energiansaantia ja energiatasapainoa tarkasteltiin mittaamalla kehon paino ennen ja jälkeen harjoitusjakson. Kuten aiemmin todettu, mikäli LEAF-Q -kyselystä vastaaja saa ≥ 8 pistettä, on alhaisen energian saatavuuden riski kohonnut (Melin ym. 2014). Vastaavia raja-arvoja EDE-Q tai LEAM-Q -kyselyissä ei ole, vaan EDE-Q:ssa suurempi pistemäärä tarkoittaa kyseisen syömishäiriökäyttytymisen yleisempää esiintymistä ja LEAM-Q:ssa suurempi pistemäärä ennustaa todennäköisempää riskiä alhaiselle energian saatavuudelle (Isomaa ym. 2016; Lundy ym. 2022). LEAF-Q on todettu validiksi kyselyksi arvioimaan alhaisen energian saatavuuden riskiä (Melin ym. 2014). Sen sijaan LEAM-Q kyselyn validiteettia alhaisen energian saatavuuden riskin arvioimisessa ei ole kyetty osoittamaan yhtä vahvaksi (Lundy ym. 2022), joten tämän kyselyn osalta tulosten tulkitseminen ja yhteyksien selvittäminen on hyvin

hankalaa. EDE-Q:ta ei ole suoranaisesti tarkoitettu energian saatavuuden arviointiin vaan ensisijaisesti se on syömishäiriöoireilun kartoittamiseen tarkoitettu validi menetelmä (Isomaa ym. 2016). EDE-Q:ta kuitenkin usein käytetään yhdessä LEAF-Q kyselyn tukena ja energian saantia voidaan vain epäsuorasti arvioida kyselyn syömisen rajoittaminen -osion avulla (Sim & Burns 2021).

LEAF-Q:hun vastanneista 88 naistutkittavasta noin kolmasosa sai kyselystä 8 tai enemmän pistettä (n = 31). Toisin sanoen heillä riski alhaisen energian saatavuudelle oli kohonnut. Tulos on itsessään mielenkiintoinen ja yllättävän monella tuo raja-arvo täyttyi. Toisaalta tulos ei ole poikkeuksellinen, kun esimerkiksi Slaterin ym. (2016) tutkimuksessa 45 %:lla 109 tutkittavasta riski alhaiselle energian saatavuudelle oli kohonnut. Vaikka noin kolmasosalla kyselyyn vastanneista tutkittavista alhaisen energian saatavuuden riski oli kohonnut, ei se kuitenkaan näkynyt tämän tutkimuksen tuloksissa, kun LEAF-Q:n ei havaittu olevan yhteydessä 1 RM:n tai VL CSA:n muutoksiin. Lisäksi eroa kyselystä alle 8 pistettä ja ≥ 8 pistettä saaneiden välillä ei havaittu 1 RM:ssä tai VL CSA:ssa. Myöskään 1 RM:n ja VL CSA:n kehityksen mukaan jaoteltujen matalan, kohtalaisen ja korkean kehityksen ryhmien välillä ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroavaisuuksia. Toisaalta naisilla, vaikka tilastollisesti merkitsevää eroa ryhmien välillä havaittukaan, VL CSA:n matalan kehityksen ryhmässä LEAF-Q:n pistemäärä oli keskimäärin hieman suurempaa kuin kohtalaisen ja korkean kehityksen ryhmissä (matala $7,1 \pm 5,0$ p; kohtalainen $5,2 \pm 4,0$ p; korkea $5,2 \pm 4,7$ p). Tuloksia tarkasteltaessa täytyy myös huomioida se, että LEAF-Q arvioi vastaajan riskiä alhaiselle energian saatavuudelle eikä se kerro täysin tarkkaa lukemaa siitä, kuinka suuri mahdollinen energiavaje on. Näin ollen voi olla, että tutkittavilla alhainen energian saatavuus on ollut maltillista ja myös tästä syystä LEAF-Q:n tulosten ei havaita olevan yhteydessä tarkasteltaviin voimaharjoitteluadaptaatioihin, erityisesti VL CSA:n muutokseen. Toisaalta LEAF-Q -kyselyn sopivuutta tässä tutkimuksessa olleelle tutkimusjoukkoille voidaan myös tarkastella ja on mahdollista, että alun perin kestävyysurheilijoille tarkoitettu alhaisen energian saatavuuden kysely (Melin ym. 2014), ei ole kuntoilijoilla ja satunnaisesti liikkuvilla yhtä luotettava menetelmä energian saatavuuden arviointiin.

Niin ikään EDE-Q -kyselyn syömisen rajoittaminen -osion tulosten ei havaittu olevan yhteydessä 1 RM tai VL CSA:n muutoksiin. Myös 1 RM:n ja VL CSA:n kehityksen mukaan jaoteltujen ryhmien välillä ei havaittu eroavaisuuksia. Kuitenkin naisilla syömisen rajoittamisen havaittiin olevan yhteydessä heikompaan 1 RM:n kasvuun. Tämä tulos voi tosin selittyä muusta

tutkimusjoukosta selkeästi erottuvilla tutkittavilla ($n = 4$), joiden pistemäärä oli suuri ja kehitys 1 RM:ssä keskimääräistä heikompaa. Toisaalta EDE-Q syömisestä rajoittaminen -osion kyky mitata energiansaantia ei välttämättä ole riittävän tarkka ja luotettava, koska sen ei havaittu korreloivan LEAF-Q:n tai kehon painon muutoksen kanssa.

Maksimivoiman muutosten osalta tämän tutkimuksen tulokset ovat samansuuntaisia kuin Murphy ja Koehler (2022) meta-analyysi osoittaa. Energiavajeen, jota kyselyt epäsuorasti mittaavat, ei ole havaittu merkittävästi heikentävän lihasvoiman kasvua voimaharjoittelujakson aikana, ainakaan voimaharjoittelun ensimmäisten kuukausien aikana (Hulmi ym. 2017; Murphy & Koehler 2022). Tässä tutkimuksessa kehon painon laskun havaittiin kuitenkin olevan yhteydessä heikompaan 1 RM:n kasvuun. Toisaalta havaittu yhteys oli heikko ja erityisesti havaittavissa vain naisilla. Naisillakin tätä korrelaatiota selittänee todennäköisesti viisi muusta naistutkittavien joukosta erottuvaa tutkittavaa.

Kehon rasvattoman massan kasvun on sen sijaan havaittu kärsivän selvemmin energiavajeesta voimaharjoittelun aikana (Murphy & Koehler 2022), mitä ei kuitenkaan tämän tutkimuksen kyselyiden tuloksissa havaita. Puolestaan kehon painon lisääntymisen havaittiin olevan yhteydessä suurempaan VL CSA:n kasvuun. Kehon painon muutoksella voidaan epäsuorasti arvioida tutkittavien energiatasapainoa 12 viikon voimaharjoittelujakson aikana. Osittain tätä positiivista riippuvuutta kehon painon ja VL CSA:n välillä selittänee voimaharjoittelun myötä tapahtunut lihasmassan lisääntyminen. Kuitenkin tämän tutkimuksen tulokset tukevat käsitystä, jonka mukaan lihahypertrofia on tehokkainta silloin, kun energiansaanti ja -kulutus ovat tasapainossa tai energiansaannin ollessa hieman jopa suurempaa kuin energiankulutus. Kehon painon ja VL CSA:n muutoksen välisiä tuloksia tarkasteltaessa voidaan havaita, että niillä tutkittavilla, joilla kehon paino on selvästi laskenut voimaharjoittelujakson aikana, on tällöin myös VL CSA:n kasvu ollut keskimääräistä heikompaa. Tämä voidaan havaita myös VL CSA:n muutoksen suhteen jaoteltujen ryhmien välillä, jossa matalan kehityksen ryhmässä kehon paino ei keskimäärin muuttunut ($-0,04 \pm 1,8$ kg), kun taas kohtalaisen ja korkean kehityksen ryhmissä kehon paino keskimäärin kasvoi ($1,0 \pm 1,6$ kg ja $1,8 \pm 1,7$ kg). Kehon painoa ja siihen liittyviä tuloksia on kuitenkin tarkasteltava varoen, koska yksittäiseen kehon painon mittaustilanteeseen voi liittyä paljon virhelähteitä. Tässä tutkimuksessa mittaustilanteet pyrittiin mahdollisimman hyvin vakioimaan mittaamalla paino yön yli nukutun paaston jälkeen. Kuitenkin monet tekijät voivat vaikuttaa yksittäiseen mittaustulokseen, kuten esimerkiksi kuukautiset, edeltävien päivien ravitsemus ja mittaushetken nestetasapaino sekä edeltävän päivän fyysinen aktiivisuus.

Tässä tutkimuksessa tutkittavien aikaisempi harjoittelemattomuus mahdollisesti selittää sitä, miksi alhaisen energian saatavuuden kyselyiden ei havaittu olevan yhteydessä tarkasteltaviin voimaharjoittelun adaptaatioihin. Toisaalta kehon painon muutoksien perusteella voidaan todeta, että lihashypertrofia on tehokkainta silloin, kun energiansaanti ja -kulutus ovat tasapainossa tai saannin ollessa hieman suurempaa kuin kulutus. Lisäksi tutkittavien keskimääräinen BMI oli hieman yli normaalipainon raja-arvon, minkä on aikaisemmissa tutkimuksissa osoitettu vaikuttavan energiavajeen mahdollisiin vaikutuksiin lihashypertrofiaan (Aragon & Schoenfeld 2020; Longland ym. 2016). Tutkittavien proteiinin saanti on voinut olla myös riittävää, jolloin energiavajeen negatiivisia vaikutuksia lihashypertrofiaan voidaan ehkäistä (Hector & Phillips 2018; Hulmi ym. 2017; Isola ym. 2023; Longland ym. 2016; Murphy & Koehler 2022). Toisaalta korrelaatiota eläinkunnan tuotteiden ja energian saatavuuteen liittyvien kyselyiden välillä ei havaittu.

Kehon painon muutoksen lisäksi kasvisten käyttötiheyden ja ruokavaliaindeksiin havaittiin olevan yhteydessä heikompaan VL CSA:n kasvuun. Lisäksi VL CSA:n kehityksen mukaan jaoteltujen ryhmien välillä kasvisten käyttötiheydessä havaittiin eroavaisuuksia, kun korkean kehityksen ryhmässä kasvisten käyttötiheys oli keskimäärin vähäisempää kuin muissa ryhmissä. Kasvikset ovat energiatiheydeltään hyvin heikkoja, koska ne sisältävät paljon vettä, kuituja ja hyvin vähän rasvaa (Melin ym. 2016; Nord 2012). Muun muassa Rollsin (2009) ja Melinin ym. (2016) mukaan energiatiheydeltään heikko ruokavalio voi rajoittaa kokonaisenergiansaantia ja satunnaisesti aktiivisilla naisilla ja urheilijoilla energiatiheydeltään heikon ruokavalion on havaittu olevan yhteydessä muun muassa kuukautishäiriöihin (Melin ym. 2016; Reed ym. 2011). Näin ollen kasvisten liika korostaminen intensiivisen harjoitusjakson aikana voi johtaa alhaiseen energian saatavuuteen runsaasta syömisestä huolimatta, koska ravinnon energiatiheys on heikkoa. Esimerkiksi urheilijoilla, joiden energiantarve on kohonnut, lautasmallissa kasvisten suhteellinen osuus ravinnosta on pienempi kuin vähän liikkuvilla, jotta energiaa saadaan kulutukseen nähden riittävästi (Terve urheilija 2024).

Toisaalta tässä tutkimuksessa kasvisten käyttötiheyden ei havaittu korreloivan LEAF-Q:n, LEAM-Q:n tai EDE-Q syömisrajoittamisen -osion tai kehon painon muutoksen kanssa. Kuitenkin edellä mainittujen kyselyiden kyky tarkastella aiemmin harjoittelemattomien energian saatavuutta voi olla rajoittunut eikä tästä syystä kasvisten käyttötiheyden ja näiden

kyselyiden välillä havaita korrelaatiota. Kasvisten ylikorostaminen ruokavaliossa voi ainakin teoriassa energiansaannin lisäksi rajoittaa myös voimaharjoittelun kannalta keskeisten ravintoaineiden, kuten proteiinien, saantia ja sen myötä heikentää lihashypertrofiaa. Maksimivoiman muutokseen kasvisten käyttötiheyden ei havaittu korreloivan ja näin ollen se tukee myös tämänhetkistä tutkimusnäyttöä, jonka mukaan lyhyen intervention aikana energiansaanti tai energiaravintoaineiden saanti ei ole merkittävä tekijä lihasvoiman kasvun kannalta.

Tämän tutkimuksen perusteella voidaan hyvin varoivaisesti todeta, että kasvisten ylikorostaminen voi mahdollisesti jossain määrin vaikuttaa negatiivisesti lihashypertrofiaan voimaharjoittelujakson aikana. Kehityksen mukaan jaoteltujen ryhmien välillä havaittu eroavaisuus myös tukee tätä päätelmää. Tarkempien johtopäätösten tekeminen vaatii kuitenkin lisää laadukasta tutkimusta aiheeseen liittyen ja tämän tutkimuksen perusteella on mahdotonta osoittaa, selittykö kasvisten käyttötiheyden ja lihaksen poikkipinta-alan kasvun välinen riippuvuus kasvisten heikosta energiatihydestä tai siitä, että niiden ylikorostaminen rajoittaisi energiaravintoaineiden saantia vai onko taustalla jokin aivan muu vaikutusmekanismi.

Kuten edellä todettu, ruokavalioindeksin havaittiin myös korreloivan negatiivisesti VL CSA:n muutoksen kanssa. Ruokavalioindeksistä saatu pistemäärä kuvastaa vastaajan ruokavaliota suhteessa pohjoismaisiin ravitsemussuosituksiin, jossa korkeampi pistemäärä tarkoittaa enemmän ravitsemussuositusten mukaista ruokavaliota (Lindström ym. 2021). Ravitsemussuositusten ensisijainen tavoite on edistää terveyttä ja ehkäistä ruokavalioon liittyvien kroonisten sairauksien esiintyvyyttä ravitsemuksen avulla (VRN 2014). Näin ollen voimaharjoittelunadaptaatioiden näkökulmasta täysin suosituksiin perustuva ruokavalio ei välttämättä ole optimaalinen.

Suosituksissa korostetaan muun muassa ruoan energiatihyden vähentämistä syömällä kasviksia runsaasti ja monipuolisesti (VRN 2014). Tämä voidaan havaita myös ruokavalioindeksin pistelaskussa, jossa suurempi kasvisten saanti antaa myös enemmän pisteitä. Tuloksia tarkasteltaessa voidaankin havaita, että kasvisten käyttötiheyden ja ruokavalioindeksin pistemäärän välillä havaittiin tilastollisesti merkitsevä korrelaatio. Näin ollen tämä tulos voi jossain määrin myös tukea kasvisten käyttötiheyden ja VL CSA:n muutoksen välillä havaittua riippuvuutta. Sekä kasvisten käyttötiheyden että ruokavalioindeksin ja VL CSA:n muutoksen välillä havaittu korrelaatio oli kuitenkin heikko,

joten tämän tutkimuksen tulosten myötä kasvien saannin tai ravitsemussuositusten mukaisen ruokavalion vaikutuksista lihashypertrofiaan ei voida tehdä kovin tukevia päätelmiä. Enemminkin tämä tutkimus antaa lisäaihetta laadukkaille jatkotutkimuksille aiheeseen liittyen.

Tässä tutkimuksessa käytetyt energian saatavuutta arvioivien kyselyiden perusteella energian saatavuudella ei todennäköisesti ole suurta merkitystä maksimivoimaan tai lihaksen poikkipinta-alan kasvuun aiemmin voimaharjoittelemattomilla nuorilla ja keski-ikäisillä aikuisilla. Kuitenkin kehon painon muutos ja sen yhteydet voimaan ja erityisesti lihaksen poikkipinta-alan kasvuun antavat hieman viitteitä siitä, että mahdollisesti energiansaannilla on kuitenkin vaikutusta voimaharjoittelun aikana tapahtuvaan lihashypertrofiaan jo harjoittelun alkuvaiheessa. Myös kasvien käyttötiheyden ja ruokavalioiden yhteydet VL CSA:n muutokseen tukevat tätä päätelmää. Mahdollisesti lihashypertrofia on tehokkainta silloin, kun energiatasapainoa ylläpidetään tai sen ollessa hieman positiivinen. Lisäksi tutkimuksen kestäessä vain 12 viikkoa voidaan spekuloida sitä, havaittaisiinko alhaisen energian saatavuuden mahdollisia negatiivisia vaikutuksia entistä selvemmin harjoitusadaptaatioissa harjoitusjakson keston edelleen kasvaessa.

8.3 Eläinkunnan tuotteet, viljavalmisteet ja voimaharjoitteluadaptaatiot

Tässä tutkimuksessa ravinnonsaantia lähestyttiin enemmän käytännönläheisestä näkökulmasta, kun ravintoaineiden, kuten hiilihydraattien ja proteiinien, tarkkoja saantimääriä ei laskettu, vaan tutkimuksessa keskityttiin nimenomaan ruoka-aineiden saantiin. Ruoka-aineiden saantia mitattiin semi-kvantitatiivisen ruoankäyttökyselyn avulla, joka on todettu validiksi (Männistö ym. 2019). Ruoankäyttökyselyn yksi rajoitteista on se, että kysely ei mahdollista tarkkojen saantimäärien ja ravinnon saantiin liittyvien yksityiskohtaisten asioiden tarkastelua. Toisaalta ruoankäyttökyselyn vahvuus on se, että se pyrkii selvittämään vastaajan tavanomaista ruokavaliota ja ruoka-aineiden keskimääräistä saantia tietyllä ajanjaksolla. Näin ollen se voi jopa toimia paremmin pitkäkestoisten harjoitusjakson aikana ruoka- ja ravintoaineiden saannin yhteyksien tarkastelussa voimaharjoittelunadaptaatioihin kuin esimerkiksi ruokapäiväkirjat, jotka tarjoavat huomattavasti tarkempaa ja yksityiskohtaisempaa dataa ravitsemuksesta, mutta kuvastavat kuitenkin aina vain sitä ajanjaksoa, jolloin ruokapäiväkirjaa on täytetty. Ruoka-aineiden saannilla pyrittiin epäsuorasti arvioimaan proteiinin ja hiilihydraattien saantia.

Hypoteesin vastaisesti eläinkunnan tuotteiden saannin ei havaittu olevan yhteydessä 1 RM:n tai VL CSA:n muutoksiin voimaharjoittelujakson aikana. Tulosten tarkastelua hankaloittaa se, että tulokset eivät kerro absoluuttista proteiinin saannin määrää vaan sitä arvioidaan epäsuorasti keskeisten proteiinilähteiden, eläinkunnan tuotteiden, avulla. Mahdollisesti tässä tutkimuksessa suurimmalla osalla tutkittavista proteiinin saanti on voimaharjoitusadaptaatioiden kannalta jo riittävällä tasolla. Muun muassa Valstan ym. (2018) mukaan suurin osa suomalaisesta aikuisväestöstä (noin 80 %) saa tavanomaisesta ruokavaliostaan ravitsemussuosituksen mukaisesti proteiinia (1,1–1,3 g/kg/vrk) ja loput ylittävät ne. Monet tutkimukset ovat todenneet, että lihasvoiman ja erityisesti lihashypertrofian kannalta optimaalinen proteiinin saantimäärä on noin 1,6 g/kg/vrk ja joissain tapauksissa jopa 2,2 g/kg/vrk (Morton ym. 2018). Kuitenkin muutama tutkimus on puolestaan osoittanut, että harjoittelemattomilla 1,2–1,3 g/kg/vrk proteiinia on riittävä määrä optimoimaan voimaharjoittelun adaptaatioita eikä tätä suurempi saantimäärä enää tehosta niitä (Zbinden-Foncea ym. 2023; Martini ym. 2023).

Tässä tutkimuksessa käytetty ruoankäyttökyselyn pistemäärä osoittaa tietyn ruoka-aineen käyttötiheyttä. Eli käytännössä suurempi pistemäärä kyselyn jostakin ruoka-aineesta tai osaluokasta tarkoittaa kyseisen tai kyseisten ruoka-aineiden tiheämpää käyttöä. Ruoankäyttökyselyn yksi rajoite on myös se, että se ei huomioi ruoka-aineiden saantien määriä vaan on nimenomaan keskittynyt vain niiden käyttötiheyteen. Näin ollen on mahdollista, että suurempi käyttötiheys ei välttämättä tarkoita tietyn ruoka-aineen suurempaa kokonaissaantia. Toisaalta tässä tutkimuksessa käytetyssä ruoankäyttökyselyssä myös annoskoot pyrittiin huomioimaan kyselyssä annettujen esimerkkiannosten avulla ja tutkittavia ohjeistettiin huomioimaan tämä ruoka-aineiden käyttötiheyden arvioimisessa. Kuitenkin on mahdotonta arvioida, miten tämä käytännössä on onnistunut. Ruoankäyttökyselyä koskien voidaan myös pohtia, onko se riittävän tarkka erottamaan tutkittavia ja erityisesti proteiinin saantia.

Eläinkunnan tuotteiden tulosten perusteella voidaan havaita, että tutkittavista kukaan ei ollut vegaani vaan kaikilla tutkittavilla ruokavaliot sisälsivät ainakin jossain määrin eläinkunnan tuotteita. Mielenkiintoinen havainto voidaan todeta eläinkunnan tuotteiden ja VL CSA:n muutoksen osalta, kun muusta tutkimusjoukosta erottuvalla yhdellä tutkittavalla eläinkunnan tuotteiden käyttötiheys on koko joukosta vähäisintä ja VL CSA:n kasvu on myös heikointa (3,6 %) (kuva 14). Tutkimuksessa olleet tutkittavat olivat hyvin homogeenisiä eläinkunnan tuotteiden käyttötiheyden suhteen ja mahdollisesti myös tästä syystä yhteyksiä VL CSA:n tai 1 RM:n muutoksissa ei havaita. Tämä poikkeava havainto voi kuitenkin antaa hieman viitteitä

siitä, että hyvin vähäinen eläinkunnan tuotteiden (tai proteiinin) syönti voi rajoittaa erityisesti lihashypertrofiaa jo harjoittelun ensimmäisten kuukausien aikana. Toisaalta kyse voi olla vain sattumasta, mutta voi myös antaa aihetta lisätutkimukselle.

Eläinkunnan tuotteiden käyttötiheydessä ei havaittu eroavaisuuksia maksimivoiman eikä lihaksen poikkipinta-alan mukaan jaetuissa ryhmissä. Kuten aiemmin todettu, ryhmä oli melko homogeeninen eläinkunnan tuotteiden käyttötiheyden suhteen ja mahdollisesti tämä selittää myös havaittua tulosta. Muun muassa Thalacker-Mercer ym. (2009) eivät havainneet lihaksen poikkipinta-alan kasvun mukaan jaoteltujen ryhmien välillä eroavaisuuksia proteiinin saannissa, kun proteiinin saanti kaikissa kolmessa ryhmässä oli noin 1 g/kg/vrk. Heidän mukaansa yksilöiden välinen proteiinin tarve optimaalisen lihashypertrofian kannalta voi vaihdella suuresti. Näin ollen myös tässä tutkimuksessa havaittujen tulosten perusteella voidaan pohtia myös sitä, olisiko VL CSA:n matalan kehityksen ryhmässä useampi yksilö hyötynyt suuremmasta proteiinimäärästä.

Tässä tutkimuksessa hiilihydraattisaantia pyrittiin epäsuorasti mittaamaan viljavalmisteiden käyttötiheyden avulla. Viljavalmisteiden käyttötiheyden ei havaittu olevan yhteydessä 1 RM:n tai VL CSA:n muutoksiin. Tulos vastaa tutkimuksessa asetettua hypoteesia ja on samansuuntainen kuin tämänhetkinen tutkimusnäyttö (Ashtary-Larky ym. 2022; Coleman ym. 2021; Henselmans ym. 2022). Hiilihydraattien vaikutuksista voimaharjoittelun adaptaatioihin ei ole vielä täysin selkeätä näkemystä. Osin tämä johtuu tutkimusten heikosta laadusta sekä niiden lyhyestä kestosta (pisimmät tutkimukset kestäneet enintään 84 vrk). Kuitenkin tämänhetkisen tutkimusnäytön perusteella voidaan melko luotettavasti todeta, että hiilihydraattivajeen vaikutukset lihasvoiman kasvuun ja lihashypertrofiaan ovat todennäköisesti vähäisiä, mutta toisaalta adaptaatioiden maksimoimiseksi voimaharjoittelujakson aikana, niiden välttely ei ole optimaalista (Ashtary-Larky ym. 2022; Margolis & Pasiakos 2023).

Tämän tutkimuksen tuloksia tarkasteltaessa voidaan havaita, että yksikään tutkittava ei täysin välttänyt viljavalmisteiden saantia. Näin ollen tutkimuksen tulokset eivät ole yllättäviä ja tukevat nykyistä tutkimusnäyttöä hiilihydraattien vaikutuksista voimaharjoittelun adaptaatioihin. Toisaalta tuloksia tarkasteltaessa voidaan pohtia sitä, oliko käytetty ruoankäyttökysely riittävän tarkka havaitsemaan mahdollisia eroavaisuuksia todellisissa hiilihydraattien saanneissa. Kuten edellä todettu, mikäli vähäisellä hiilihydraattien saannilla

olisi jotain merkitystä lihashypertrofiaan, olisivat vaikutukset vähäisiä. Näin ollen myös voidaan olettaa, että vaikutusten havaitsemiseksi hiilihydraattien saantia mittaavan menetelmän olisi todennäköisesti tullut olla tarkempi ja yksityiskohtaisempi kuin tässä tutkimuksessa käytetty ruoankäyttökysely. Esimerkiksi Ashtary-Larkyn ym. (2022) systemaattisessa katsauksessa ja meta-analyysissä, jossa ketogeenisen ruokavalion osoitettiin rajoittavan kehon rasvattoman massan kasvua voimaharjoittelujakson aikana, alhaiseksi hiilihydraattien saatavuudeksi asetettiin raja-arvot alle 50 g/vrk tai alle 5 E%. Tässä tutkimuksessa viljavalmisteiden käyttötiheyden tarkastelu rajoittaa näin tarkkojen saantien määrittämistä, joten todellisuudessa tämän tutkimuksen tulosten perusteella on mahdotonta arvioida sitä, saivatko ne tutkittavat, jotka vähiten saivat pisteitä viljavalmisteiden käytöstä, lähellekään noin vähän hiilihydraatteja. Lisäksi tässä tutkimuksessa tutkittavat olivat harjoittelemattomia, joilla alhaisen hiilihydraatin saannin vaikutukset ovat todennäköisesti vielä vähäisempiä ja merkityksettömämpiä kuin esimerkiksi useamman vuoden harjoitteluntaustan omaavilla (Ashtary-Larky ym. 2022). Toisaalta, kuten eläinkunnan tuotteiden käyttötiheydessä, myös viljavalmisteiden käyttötiheyden osalta tutkimusjoukko oli melko homogeeninen ja todennäköisesti tästäkin syystä viljavalmisteiden ja 1 RM:n tai VL CSA:n muutoksen välillä ei havaittu yhteyksiä.

Lisäksi tämä tutkimus oli niin ikään kestoaltaan 84 vrk (12 viikkoa), joten myöskään tässä tutkimuksessa ei kyetä tarkastelemaan sitä, havaittaisiinko hiilihydraattien saannilla ja voimaharjoittelun adaptaatioilla selkeämpiä yhteyksiä pidemmällä ajanjaksolla. King ym. (2022) mukaan hiilihydraattien nauttiminen ennen voimaharjoitusta voi tietyissä tapauksissa edistää voimaharjoituksessa tehtyjen toistojen ja sarjojen määrää sekä ylläpitää harjoituksen intensiteettiä korkeampana ja erityisesti näin voidaan havaita silloin, kun yksittäisen harjoituksen kesto on yli 45 minuuttia ja harjoituksen aikana tehdään 8–10 sarjaa. Tässä tutkimuksessa harjoitukset olivat kestoaltaan yhden tunnin ja valmistavat sarjat mukaan luettuna yhden harjoituksen aikana tehtiin yhteensä 20 sarjaa, joista viisi suoritettiin uupumukseen saakka. Näin ollen teoriassa voi olla mahdollista, että harjoitusjakson kestäessä pidempään kuin 12 viikkoa, harjoittelun teho ja intensiteetti olisivat voineet laskea harjoitusjakson edetessä. Tällöin yksittäinen harjoitus olisi ollut vähemmän kehittävä, mikä puolestaan olisi mahdollisesti voinut näkyä myös voimaharjoittelun adaptaatioissa. Sekä maksimivoiman että lihaksen poikkipinta-alan muutoksen suhteen jaoteltujen ryhmien välillä ei havaittu eroavaisuuksia viljavalmisteiden käyttötiheydessä. Tulokset antavat viitteitä siitä, että

hiilihydraattien saanti ei ole keskeisessä roolissa voimaharjoittelun adaptaatioiden kannalta aikaisemmin harjoittelemattomilla harjoitusjakson alkuvaiheessa.

8.4 Tutkimuksen rajoitteet ja vahvuudet

Tutkimuksessa ravitsemuksellisia tekijöitä tarkasteltiin kyselyillä, joita voidaan pitää yhtenä tämän tutkimuksen rajoitteena. Kyselyt perustuvat tutkittavien subjektiiviseen arvioon ja tässä tutkimuksessa käytetyt kyselyt olivat retrospektiivisiä niiden pyrkiessä arvioimaan ravitsemusta menneeltä ajalta. Näin ollen kyselyt vaativat tutkittavilta tarkkaa arviointikykyä ja muistia arvioidakseen ravinnonsaantiaan. Toisaalta suuren tutkittavien määrän ja käytännön resurssien takia kyselyiden käyttö oli ainut tapa toimia.

Kuten aiemmin todettu, kyselyistä LEAF-Q ja EDE-Q ovat valideja kyselyitä ja niiden käyttö tutkimuksissa on hyvin yleistä. Toisaalta LEAF-Q -kysely on alun perin validoitu kestävyysurheilijoiden alhaisen energian saatavuuden riskin arvioimiseen ja näin ollen sen sopivuutta tässä tutkimuksessa olleelle tutkimusjoukolla tulee kriittisesti arvioida tuloksia tarkasteltaessa (Melin ym. 2014). LEAM-Q:n sen sijaan ei ole todettu olevan validi menetelmä mittaamaan alhaisen energian saatavuutta miehillä (Lundy ym. 2022), joten tämän kyselyn osalta tässä tutkimuksessa havaittuja tuloksia tulee tarkastella varauksella.

Ruonkäyttökyselyssäkin voidaan havaita omat rajoitteet muun muassa kerätyn tiedon tarkkuuden ja yksityiskohtaisuuden suhteen. Lisäksi tässä kyselyssä tutkittavien tuli tarkastella ravinnonsaantiaan edeltävän kolmen kuukauden ajalta, jolloin muistin merkitys entisestään korostuu. Toisaalta ruonkäyttökyselyn ensisijainen tavoite on antaa arvio vastaajan ruoka-aineiden keskimääräisestä saannista tietyn ajanjakson aikana, jolloin tässä tapauksessa kysely voi jopa toimia paremmin kuin esimerkiksi ruokapäiväkirja, jotka lähtökohtaisesti aina tarkastelevat ravitsemusta 1–7 vuorokauden ajan. Kuten edellä aiemmin pohdinnassa todettu, ruonkäyttökyselyn tulosten tarkastelussa ongelmallista on myös se, että tietyn ruoka-aineen käyttötiheys ei välttämättä tarkoita ruoka-aineen suurempaa kokonaissaantia. Esimerkiksi henkilö, joka raportoi syövänsä jotakin tiettyä ruoka-ainetta 2–3 krt/vrk, voi syödä ruoka-ainetta annosko'oiltaan pienempinä kuin esimerkiksi henkilö, joka ilmoittaa kyseisen ruoka-aineen käyttötiheydeksi kerran päivässä, mutta annoskoko on suurempi kuin toisen henkilön annokset yhteensä. Toisaalta tämä pyrittiin huomioimaan kyselyssä antamalla jokaisesta ruoka-aineesta

annoskoot, jotka tuli huomioida käyttötiheyttä arvioitaessa. Kuitenkin tämä saattoi vain entisestään hankaloittaa ruoka-aineiden arvioimisen saantia ja on mahdotonta arvioida, miten tämä käytännössä tutkittavilta onnistui.

Tutkimuksen yhtenä rajoitteena voidaan pitää myös kontrolliryhmän puutetta. Kontrolliryhmä olisi muun muassa mahdollistanut ravitsemukseen liittyvien tietojen luotettavuuden tarkastelun ja mahdollisesti voinut paljastaa vääristymiä tai liioittelua vastauksissa. Lisäksi tulosten yleistettävyyden kannalta kontrolliryhmä tarjoaisi vertailupisteen, joka mahdollistaisi tutkittavan ryhmän ravitsemuksen eroamisen yleisestä väestöstä. Kontrolliryhmän avulla mahdollisten muiden tekijöiden vaikutuksia ravitsemukseen olisi voitu myös tarkastella. Esimerkiksi, koska tutkimus toteutettiin kesäkuukausien aikana, on tällä voinut olla vaikutusta syömiskäyttäytymiseen.

Monissa ateriarytmin vaikutuksia voimaharjoittelun adaptaatioihin tutkineissa tutkimuksissa on keskitytty vain proteiinin tasaiseen saantiin vuorokauden aikana ja usein proteiiniinlähteenä on käytetty proteiinilisiä (Areta ym. 2013; Jespersen & Agergaard 2021; Mamerow ym. 2014; Schoenfeld & Aragon 2018), joten tämän tutkimuksen yhtenä vahvuutena voidaan pitää sitä, että se pyrkii tarkastelemaan ateriarytmiä kokonaisuutena eikä vain tiettyjä annoksia tai lisäravinteitä.

Vaikka subjektiiviset kyselyt sisältävät aina omat rajoitteensa, niiden tilastollista voimakkuutta kuitenkin lisää tässä tutkimuksessa ollut suuri otoskoko, jota voidaan pitää myös tutkimuksen yhtenä vahvuutena. Lisäksi tutkimuksessa tutkittavat olivat sekä miehiä että naisia, joista noin 2/3 (n = 117) osaa oli naisia 1/3 miehiä (n = 57). Naisten suurempi osuus tutkimusjoukosta on jo itsessään vahvuus, koska naisilla voimaharjoittelututkimuksia on toteutettu verrattain vähemmän kuin miehillä. Molempien sukupuolien mukana olo tutkimuksessa mahdollistaa muun muassa sukupuolten välisen vertailun.

Tutkimuksen harjoitustilanteisiin liittyviä tekijöitä voidaan myös pitää tutkimuksen vahvuutena. Tutkimuksessa harjoituskerrat pyrittiin pitämään tutkittavilla aina samaan aikaan päivästä. Lisäksi jokaista harjoituskertaa oli seuraamassa ja valvomassa tutkimushenkilökuntaan kuuluva jäsen varmistaen harjoitusohjelman mukaisen harjoittelun ja oikeaoppisten suoritustekniikoiden käyttämisen eri liikkeissä. Yhtenä vahvuutena voidaan pitää myös vastus lateralis -lihaksen poikkipinta-alan määrittämistä ultraäänellä, jonka on todettu

olevan riittävän tarkka menetelmä havaitsemaan muutoksia lihaksen poikkipinta-alassa magneettikuvaukseen verrattuna (Ahtiainen ym. 2010). Ultraäänikuvauksen ja vastus lateralis-lihasten poikkipinta-alan tulosten luotettavuutta lisää myös se, että sama tutkija toteutti kuvantamisen sekä kuvien analysoinnin.

8.5 Yhteenveto

Tutkimuksen perusteella voidaan todeta, että tällä tutkimusjoukolla ravitsemuksellisten tekijöiden vaikutus maksimivoiman tai lihaksen poikkipinta-alan muutokseen voimaharjoittelun alkuvaiheessa on vähäinen. Tutkimuksessa olleet tutkittavat olivat ravintokäyttäytymiseltään melko homogeenisiä ja todennäköisesti tästäkin syystä merkittäviä yhteyksiä ravitsemuksellisten tekijöiden ja 1 RM:n ja VL CSA:n välillä ei havaittu. Tutkimuksessa havaitut yhteydet kehon painon muutoksen, kasvisten käyttötiheyden ja ruokavalioindeksin ja VL CSA välillä antavat kuitenkin viitteitä siitä, että riittävällä energiansaannilla on todennäköisesti vaikutusta erityisesti lihashypertrofiaan jo harjoittelun ensimmäisistä kuukausista lähtien ja mahdollisesti lihaskasvu on tehokkainta silloin, kun energiansaanti on vähintään tasapainossa kulutukseen nähden tai hieman jopa suurempaa. Kasvisten käyttötiheyden ja VL CSA:n välisen riippuvuuden tarkempia mekanismeja tämä tutkimus ei kykene osoittamaan, mutta mahdollisesti ne liittyvät kasvisten heikkoon energiatiheuteen ja näin ollen niiden ylikorostaminen rajoittaisi ravinnosta saatavaa energianmäärää tukien kehon painon muutoksen ja VL CSA:n välillä havaittua riippuvuutta.

Vaihteluväli yksilöiden välillä sekä maksimivoiman että lihaksen poikkipinta-alan muutoksessa oli suurta. Ravitsemuksellisten tekijöiden ei kuitenkaan keskimäärin havaittu eroavan kehittyneisyyden mukaan jaoteltujen ryhmien välillä, poikkeuksena kasvisten käyttötiheys ja kehon painon muutos. Mahdollisesti harjoittelemattomilla kokonaisenergiansaanti jossain määrin selittää yksilöiden välisiä eroavaisuuksia voimaharjoittelun adaptaatioissa, mutta todennäköisesti muut tekijät kuin ravitseminen ovat merkityksellisempiä.

Jatkotutkimuksissa ravitsemuksen vaikutuksia voimaharjoittelun adaptaatioihin tulisi tarkastella entistä pidemmän ajanjakson ajan. Lisäksi laajentamalla tutkimuksen kohdejoukkoa harjoittelemattomista yksilöihin, joilla on jo useamman vuoden harjoituskokemusta, antaisi lisäarvoa ravitsemuksen vaikutuksista voimaharjoittelun adaptaatioihin eri väestöryhmillä.

Lisäksi tämän tutkimuksen perusteella kasvisten käytön ja voimaharjoittelun adaptaatioiden tarkempi tarkastelu olisi tarpeellista esimerkiksi satunnaistetun kontrolloidun intervention avulla, jossa toinen ryhmä noudattaisi enemmän urheilijan lautasmallin mukaista ruokavaliota, kun taas toinen nauttisi runsaasti kasviksia. Kuitenkin erityistä huomioita tulisi kiinnittää ravitsemuksellisten tekijöiden pitkäaikaisvaikutuksiin, kuten esimerkiksi alhaisen energiansaannin mahdollisiin seurauksiin tai proteiininsaannin merkitykseen harjoitusjakson pidentyessä. Tämä tutkimus antaa viitteitä siitä, että energiansaannilla on vaikutusta voimaharjoittelun adaptaatioihin jo harjoittelun alkuvaiheessa. Tästä syystä jatkotutkimuksissa energiansaannin mittaaminen tulisi perustua luotettavampiin ja tarkempiin menetelmiin kuin kyselyihin tai painon muutokseen. Lisäksi, vaikka tutkimuksessa ravitsemuksellisten muuttujien, 1 RM:n ja VL CSA:n välillä havaittiin korrelaatioita, täysin selvää kausaalisuhdetta muuttujien välillä ei voida kuitenkaan osoittaa. Muiden tekijöiden vaikutuksia lihaksen poikkipinta-alan tai maksimivoiman muutoksiin voimaharjoittelun aikana ei voida sulkea pois, jolloin kausaalisuhteiden määrittäminen on haastavaa. Näin ollen myös tästä syystä lisätutkimusta ravitsemuksen ja voimaharjoitteluadaptaatioiden syy-seuraussuhteiden vahvistamiseksi tarvitaan.

LÄHTEET

- Abernethy, P., Jurimae, J., Logan, P., Taylor, A. & Thayer, R. (1994). Acute and chronic response of skeletal muscle to resistance exercise. *Sports Medicine* 17 (1), 22-38. doi: 10.2165/00007256-199417010-00003.
- Afshin, A., Sur, P., Cornaby, L., Ferrara, G., Salama, J., Mullany, E., Abate, K., Abbafati, C. & Abebe, Z. (2019). Health effects of dietary risks in 195 countries, 1990–2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. *The Lancet* 393 (10184), 1958-1972. doi: 10.1016/S0140-6736(19)30041-8.
- Agergaard, J., Justesen, T., Jespersen, S., Thomsen, T., Holm, L. & van Hall, G. (2023). Even or skewed dietary protein distribution is reflected in the whole-body protein net-balance in healthy older adults: A randomized controlled trial. *Clinical Nutrition* 42 (6), 899-908. doi: 10.1016/j.clnu.2023.04.004.
- Ahtiainen, J., Hoffren, M., Hulmi, J., Pietikäinen, M., Mero, A., Avela, J. & Häkkinen, K. (2010). Panoramic ultrasonography is a valid method to measure changes in skeletal muscle cross-sectional area. *European Journal of Applied Physiology* 108 (2), 273-279. doi: 10.1007/s00421-009-1211-6.
- Ahtiainen, J. (2019). *Physiological and Molecular Adaptations to Strength Training*. Teoksessa M. Schumann, M. & B. Ronnestad, B. (toim.) *Concurrent Aerobic and Strength Training Scientific Basics and Practical Applications*. 1. painos. Cham, Sveitsi: Springer, 51–74.
- Ahtiainen, J., Walker, S., Peltonen, H., Holviala, J., Sillanpää, E., Karavirta, L., Sallinen, J., Mikkola, J., Valkeinen, H., Mero, A., Hulmi, J. & Häkkinen, K. (2016). Heterogeneity in resistance training-induced muscle strength and mass responses in men and women of different ages. *Age* 38 (1), 10. doi: 10.1007/s11357-015-9870-1.
- Antonio, J., Ellerbroek, A., Silver, T., Orris, S., Scheiner, M., Gonzalez, A. & Peacock, C. (2015). A high protein diet (3.4 g/kg/d) combined with a heavy resistance training program improves body composition in healthy trained men and women – a follow-up investigation. *Journal of the International Society of Sports Nutrition* 12 (1), 39. doi: 10.1186/s12970-015-0100-0.
- Aragon, A. & Schoenfeld, B. (2020). Magnitude and Composition of the Energy Surplus for Maximizing Muscle Hypertrophy: Implications for Bodybuilding and Physique Athletes. *Strength and Conditioning Journal* 42 (5), 79-86. doi: 10.1519/SSC.0000000000000539.

- Aragon, A. & Schoenfeld, B. (2022). Does Timing Matter? A Narrative Review of Intermittent Fasting Variants and Their Effects on Bodyweight and Body Composition. *Nutrients* 14 (23), 5022. doi: 10.3390/nu14235022.
- Areta, J., Burke, L., Ross, M., Camera, D., West, D., Broad, E., Jeacocke, N., Moore, D., Stellingwerff, T., Phillips, S., Hawley, J. & Coffey, V. (2013). Timing and distribution of protein ingestion during prolonged recovery from resistance exercise alters myofibrillar protein synthesis. *The Journal of Physiology* 591 (9), 2319-2331. doi: 10.1113/jphysiol.2012.244897.
- Areta, J., Burke, L., Camera, D., West, D., Crawshay, S., Moore, D., Stellingwerff, T., Phillips, S., Hawley, J. & Coffey, V. (2014). Reduced resting skeletal muscle protein synthesis is rescued by resistance exercise and protein ingestion following short-term energy deficit. *American Journal of Physiology. Endocrinology and Metabolism* 306 (8), 989-997. doi: 10.1152/ajpendo.00590.2013.
- Atherton, P., Etheridge, T., Watt, P., Wilkinson, D., Selby, A., Rankin, D., Smith, K. & Rennie, M. (2010). Muscle full effect after oral protein: time-dependent concordance and discordance between human muscle protein synthesis and mTORC1 signaling. *The American Journal of Clinical Nutrition* 92 (5), 1080-1088. doi: 10.3945/ajcn.2010.29819.
- Atkinson, E., Skabarot, J., Ansdell, P., Goodall, S., Howatson, G. & Thomas, K. (2022). Does the reticulospinal tract mediate adaptation to resistance training in humans?. *Journal of Applied Physiology* 133 (3), 689-696. doi: 10.1152/jappphysiol.00264.2021.
- Bagheri, R., Kargarfard, M., Sadeghi, R., Scott, D. & Camera, D. (2023). Effects of 16 weeks of two different high-protein diets with either resistance or concurrent training on body composition, muscular strength and performance, and markers of liver and kidney function in resistance-trained males. *Journal of the International Society of Sports Nutrition* 20 (1). doi: 10.1080/15502783.2023.2236053.
- Bakaloudi, D., Halloran, A., Rippin, H., Oikonomidou, A., Dardavesis, T., Williams, J., Wickramasinghe, K., Breda, J. & Chourdakis, M. (2021). Intake and adequacy of the vegan diet. A systematic review of the evidence. *Clinical Nutrition* 40 (5), 3503-3521. doi: 10.1016/j.clnu.2020.11.035.
- Balshaw, T., Massey, G., Maden-Wilkinson, T., Morales-Artacho, A., McKeown, A., Appleby, C. & Folland, J. (2017). Changes in agonist neural drive, hypertrophy and pre-training strength all contribute to the individual strength gains after resistance training. *European Journal of Applied Physiology* 117 (4), 631-640. doi: 10.1007/s00421-017-3560-x.

- Balshaw, T., Massey, G., Maden-Wilkinson, T., Lanza, B. & Folland, J. (2018). Neural adaptations after 4 years vs 12 weeks of resistance training vs untrained. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 29 (3), 348-359. doi: 10.1111/sms.13331.
- Bandegan, A., Courtney-Martin, G., Rafii, M., Pencharz, P. & Lemon, P. (2017). Indicator Amino Acid-Derived Estimate of Dietary Protein Requirement for Male Bodybuilders on a Nontraining Day Is Several-Fold Greater than the Current Recommended Dietary Allowance. *The Journal of Nutrition* 147 (5), 850-857. doi: 10.3945/jn.116.236331.
- Berryman, C., Sepowitz, J., McClung, H., Lieberman, H., Farina, E., McClung, J., Fernando, A. & Pasiakos, S. (2017). Supplementing an energy adequate, higher protein diet with protein does not enhance fat-free mass restoration after short-term severe negative energy balance. *Journal of Applied Physiology* 122 (6), 1485-1493. doi: 10.1152/jappphysiol.01039.2016.
- Burd, N., West, D., Moore, D., Atherson, P., Staples, A., Prior, T., Tang, J., Rennie, M., Baker, S. & Phillips, S. (2011). Enhanced amino acid sensitivity of myofibrillar protein synthesis persists for up to 24 h after resistance exercise in young men. *The Journal of Nutrition* 141 (4), 568-573. doi: 10.3945/jn.110.135038.
- Burke, L., Slater, G., Broad, E., Haukka, J., Modulon, S. & Hopkins, W. (2003). Eating patterns and meal frequency of elite Australian athletes. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* 13 (4), 521-538. doi: 10.1123/ijsnem.13.4.521.
- Carbone, J., McClung, J. & Pasiakos, S. (2019). Recent Advances in the Characterization of Skeletal Muscle and Whole-Body Protein Responses to Dietary Protein and Exercise during Negative Energy Balance. *Advances in Nutrition* 10 (1), 70-79. doi: 10.1093/advances/nmy087.
- Carroll, T., Selvanayagam, S., Rick, S. & Semmler, J. (2011). Neural adaptations to strength training: moving beyond transcranial magnetic stimulation and reflex studies. *Acta Physiologica* 202 (2), 119-140. doi: 10.1111/j.1748-1716.2011.02271.x.
- Coelho-Junior, H., Rodrigues, B., Uchida, M. & Marzetti, E. (2018). Low Protein Intake Is Associated with Frailty in Older Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis of Observational Studies. *Nutrients* 10 (9), 1334. doi: 10.3390/nu10091334.
- Coleman, J., Carrigan, C. & Margolis, L. (2021). Body composition changes in physically active individuals consuming ketogenic diets: a systematic review. *Journal of the International Society of Sports Nutrition* 18 (1), 41. doi: 10.1186/s12970-021-00440-6.
- Damas, F., Phillips, S., Lixandrao, M., Vechin, F., Libardi, C., Roschel, H., Tricoli, V. & Ugrinowitsch, C. (2016). Early resistance training-induced increases in muscle cross-

- sectional area are concomitant with edema-induced muscle swelling. *European Journal of Applied Physiology* 116 (1), 49-56. doi: 10.1007/s00421-015-3243-4.
- de Capo, R. & Mattson, M. (2019). Effects of Intermittent Fasting on Health, Aging, and Disease. *The New England Journal of Medicine* 381 (26), 2541-2551. doi: 10.1056/NEJMr1905136.
- Del Vecchio, A., Casolo, A., Negro, F., Scorcelletti, M., Bazzucchi, I., Enoka, R., Felici, F. & Farina, D. (2019). The increase in muscle force after 4 weeks of strength training is mediated by adaptations in motor unit recruitment and rate coding. *The Journal of Physiology* 597 (7), 1873-1887. doi: 10.1113/JP277250.
- Deldicque, L., de Bock, K., Maris, M., Ramaekers, M., Nielens, H., Francaux, M. & Hespel, P. (2010). Increased p70s6k phosphorylation during intake of a protein-carbohydrate drink following resistance exercise in the fasted state. *European Journal of Applied Physiology* 108 (4), 791-800. doi: 10.1007/s00421-009-1289-x.
- Deschenes, M. (2019). Adaptations of the neuromuscular junction to exercise training. *Current Opinion in Physiology* 10, 10-16. doi:10.1016/j.cophys.2019.02.004.
- Dreyer, H., Drummond, M., Pennings, B., Fujita, S., Glynn, E., Chinkes, D., Dhanani, S., Volpi, E. & Rasmussen, B. (2008). Leucine-enriched essential amino acid and carbohydrate ingestion following resistance exercise enhances mTOR signaling and protein synthesis in human muscle. *American Journal of Physiology. Endocrinology and metabolism* 294 (2), 392-400. doi: 10.1152/ajpendo.00582.2007.
- Dudgeon, W., Kelley, E. & Scheett, T. (2017). Effect of Whey Protein in Conjunction With a Caloric-Restricted Diet and Resistance Training. *Journal of Strength and Conditioning Research* 31 (5), 1353,1361. doi: 10.1519/JSC.0000000000001196.
- Duncan, D. & Dinev, I. (2020). Noninvasive Induction of Muscle Fiber Hypertrophy and Hyperplasia: Effects of High-Intensity Focused Electromagnetic Field Evaluated in an In-Vivo Porcine Model: A Pilot Study. *Aesthetic Surgery Journal* 40 (5), 568-574. doi: 10.1093/asj/sjz244.
- Dutra, M., Martins, W., Ribeiro, A. & Bottaro, M. (2020). The Effects of Strength Training Combined with Vitamin C and E Supplementation on Skeletal Muscle Mass and Strength: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Sports Medicine*. doi: 10.1155/2020/3505209.
- Farag, M., Abib, B., Qin, Z., Ze, X. & Ali, S. (2023). Dietary macrominerals: Updated review of their role and orchestration in human nutrition throughout the life cycle with sex differences. *Current Research in Food Science* 6. doi: 10.1016/j.crf.2023.100450.

- Fleck, S. & Kraemer, W. (2014). *Designing Resistance Training Programs*. 4. painos. Champaign, IL: Human Kinetics. m
- Folland, J. & Williams, A. (2007). The adaptations to strength training : morphological and neurological contributions to increased strength. *Sports Medicine* 37 (2), 145-168. doi: 10.2165/00007256-200737020-00004.
- Frank, C. (2004). Ligament structure, physiology and function. *Journal of Musculoskeletal & Neuronal Interactions* 4 (2), 199-201.
- Freese, R., Voutilainen, E. & Mutanen, M. (2021). Vitamiinit ja muut orgaaniset yhdisteet. Teoksessa M. Mutanen, M., H. Niinikoski, H., U. Schwab, U. & M. Uusitupa, M. (toim.) *Ravitsemustiede*. 8. uudistettu painos. Helsinki: Duodecim Oy, 149–200.
- Freese, R., Voutilainen, E. & Mutanen, M. (2021). Vitamiinit ja muut orgaaniset yhdisteet. Teoksessa M. Mutanen, H. Niinikoski, U. Schwab & M. Uusitupa (toim.) *Ravitsemustiede*. 8. uudistettu painos. Helsinki: Duodecim Oy, 201–238.
- Garthe, I., Raastad, T., Refsnes, P., Koivisto, A. & Sundgot-Borgen, J. (2011). Effect of two different weight-loss rates on body composition and strength and power-related performance in elite athletes. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* 21 (2), 97-104. doi: 10.1123/ijsnem.21.2.97.
- Garthe, I., Raastad, T., Refsnes, P. & Sundgot-Borgen, J. (2013). Effect of nutritional intervention on body composition and performance in elite athletes. *European Journal of Sport Science* 13 (3), 295-303. doi: 10.1080/17461391.2011.643923.
- Gerard, R., Gojon, L., Declève, P. & Van Cant, J. (2020). The Effects of Eccentric Training on Biceps Femoris Architecture and Strength: A Systematic Review With Meta-Analysis. *Journal of Athletic Training* 55 (5), 501-514. doi: 10.4085/1062-6050-194-19.
- Gillen, J., Trommelen, J., Wardenaar, F., Brinkmans, N., Versteegen, J., Jonvik, K., Kapp, C., de Vries, J., van den Borne, J., Gibala, M. & van Loon, L. (2017). Dietary Protein Intake and Distribution Patterns of Well-Trained Dutch Athletes. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* 27 (2), 105-114. doi: 10.1123/ijsnem.2016-0154.
- Hammond, V. & O'Donnell, V. (2012). Esterified eicosanoids: generation, characterization and function. *Biochimica et Biophysica Acta* 1818 (10), 2403-2412. doi: 10.1016/j.bbamem.2011.12.013.
- Harvie, M., Pegington, M., Mattson, M., Frystyk, J., Dillon, B., Evans, G., Cuzisk, J., Jebb, S., Martin, B., Cutler, R., Son, T., Maudsley, S., Carlson, O., Egan, J., Flyvbjerg, A. & Howell, A. (2011). The effects of intermittent or continuous energy restriction on weight

- loss and metabolic disease risk markers: a randomized trial in young overweight women. *International Journal of Obesity* 35 (5), 714-727. doi: 10.1038/ijo.2010.171.
- Harvie, M., Wright, C., Pegington, M., McMullan, D., Mitchell, E., Martin, B., Cutler, R., Evans, G., Whiteside, S., Maudsley, S., Camandola, S., Wang, R., Carlson, O., Egan, J., Mattson, M. & Howell, A. (2013). The effect of intermittent energy and carbohydrate restriction v. daily energy restriction on weight loss and metabolic disease risk markers in overweight women. *The British Journal of Nutrition* 110 (8), 1534-1547. doi: 10.1017/S0007114513000792.
- Harris, M., Hammond, K., Seaborne, R., Stocks, B., Shepherd, S., Philp, A., Sharples, A., Morton, A. & Louis, J. (2019). Graded reductions in preexercise muscle glycogen impair exercise capacity but do not augment skeletal muscle cell signaling: implications for CHO periodization. *Journal of Applied Physiology* 126 (6), 1587-1597. doi: 10.1152/jappphysiol.00913.2018.
- Hector, A. & Phillips, S. (2018). Protein Recommendations for Weight Loss in Elite Athletes: A Focus on Body Composition and Performance. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* 28 (2), 170-177. doi: 10.1123/ijsnem.2017-0273.
- Heffernan, S., Horner, K., De Vito, G. & Conway, G. (2019). The Role of Mineral and Trace Element Supplementation in Exercise and Athletic Performance: A Systematic Review. *Nutrients* 11 (3), 696. doi: 10.3390/nu11030696.
- Helms, E., Zinn, C., Rowlands, D. & Brown, S. (2014). A Systematic Review of Dietary Protein During Caloric Restriction in Resistance Trained Lean Athletes: A Case for Higher Intakes. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* 24 (2), 127-138. doi: 10.1123/ijsnem.2013-0054.
- Heileson, J., Machek, S., Harris, D., Tomek, S., de Souza, L., Kieffer, A., Barringer, N., Gallucci, A., Forsse, J. & Funderburk, L. (2023). The effect of fish oil supplementation on resistance training-induced adaptations. *Journal of International Society of Sports Nutrition*. 20 (1). doi: 10.1080/15502783.2023.2174704.
- Heinemaer, K. & Kjaer, M. (2011). In vivo investigation of tendon responses to mechanical loading. *Journal of Musculoskeletal & Neuronal Interactions* 11 (2), 115-123.
- Hemiö, K., Pölonen, A., Ahonen, K., Kosola, M., Viitasalo, K. & Lindström, J. (2014). A simple tool for diet evaluation in primary health care: validation of a 16-item food intake questionnaire. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 11 (3), 2683-2697. doi: 10.3390/ijerph110302683.

- Henselmans, M., Bjornsen, T., Hedderman, R. & Vårvik, F. (2022). The Effect of Carbohydrate Intake on Strength and Resistance Training Performance: A Systematic Review. *Nutrients* 14 (4), 856. doi: 10.3390/nu14040856.
- Horvath, P., Eagen, C., Ryer-Calvin, S. & Pendergast, D. (2000). The effects of varying dietary fat on the nutrient intake in male and female runners. *Journal of the American College of Nutrition* 19 (1), 42-51. doi: 10.1080/07315724.2000.10718913.
- Hulmi, J., Isola, V., Suonpää, M., Järvinen, N., Kokkonen, M., Wennerström, A., Nyman, K., Perola, M., Ahtiainen, J. & Häkkinen, K. (2017). The Effects of Intensive Weight Reduction on Body Composition and Serum Hormones in Female Fitness Competitors. *Frontiers in Physiology* 7, 689. doi: 10.3389/fphys.2016.00689.
- Ilander, O. (2021). Kasvisruokavaliot, terveys ja suorituskyky. Teoksessa O. Ilander, I. Heikura, E. Hietavala, M. Laakso, L. Manner & J. Mursu (toim.) *Liikuntaravitsemus 3.0*. 1. painos. Lahti: VK-Kustannus Oy, 247–296.
- Ilander, O. & Mursu, J. (2021). Ruoka, terveys ja painonhallinta yleisessä väestössä. Teoksessa O. Ilander, I. Heikura, E. Hietavala, M. Laakso, L. Manner & J. Mursu (toim.) *Liikuntaravitsemus 3.0*. 1. painos. Lahti: VK-Kustannus Oy, 305–386.
- Iraki, J., Fitschen, P., Espinar, S. & Helms, E. (2019). Nutrition Recommendations for Bodybuilders in the Off-Season: A Narrative Review. *Sports* 7 (7), 154. doi: 10.3390/sports7070154.
- Isomaa, R., Lukkarila, I-L., Ollila, T., Nenonen, H., Charpentier, P., Sinikallio, S. & Karhunen, L. (2016). Development and preliminary validation of a Finnish version of the Eating Disorder Examination Questionnaire (EDE-Q). *Nordic Journal of Psychiatry* 70 (7), 542-546. doi: 10.1080/08039488.2016.1179340.
- Jespersen, S. & Agergaard, J. (2021). Evenness of dietary protein distribution is associated with higher muscle mass but not muscle strength or protein turnover in healthy adults: a systematic review. *European Journal of Nutrition* 60 (6), 3185-3202. doi: 10.1007/s00394-021-02487-2.
- Jeukendrup, A. & Gleeson, M. (2019). *Sport Nutrition*. 3. painos. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Jorgenson, K., Philips, S. & Hornberger, T. (2020). Identifying the Structural Adaptations that Drive the Mechanical Load-Induced Growth of Skeletal Muscle: A Scoping Review. *Cells* 9 (7), 1658. doi: 10.3390/cells9071658.
- Jäger, R., Kerksick, C., Campbell, B., Cribb, P., Wells, S., Skwiat, T., Purpura, M., Ziegenfuss, T., Ferrando, A., Arent, S., Smith-Ryan, A., Stour, J., Arciero, P., Ormsbee, M., Taylor,

- L., Wilborn, C., Kalman, D., Kreider, R., Willoughby, D., Hoffman, J., Krzykowski, J. & Antonio, J. (2017). International Society of Sports Nutrition Position Stand: protein and exercise. *Journal of the International Society of Sports Nutrition* 14, 20. doi: 10.1186/s12970-017-0177-8.
- Kennedy, D. (2016). B Vitamins and the Brain: Mechanisms, Dose and Efficacy--A Review. *Nutrients* 8 (2), 68. doi: 10.3390/nu8020068.
- Kidgell, D., Bonanno, D., Frazer, A., Howatson, G. & Pearce, A. (2017). Corticospinal responses following strength training: a systematic review and meta-analysis. *The European Journal of Neuroscience* 46 (11), 2648-2661. doi: 10.1111/ejn.13710.
- Kim, S., Ko, J., Farthing, J. & Butcher, S. (2015). Investigation of supraspinatus muscle architecture following concentric and eccentric training. *Journal of Science and Medicine in Sport* 18 (4), 378-382. doi: 10.1016/j.jsams.2014.05.007.
- King, A., Helms, E., Zinn, C. & Jukic, I. (2022). The Ergogenic Effects of Acute Carbohydrate Feeding on Resistance Exercise Performance: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Medicine* 52 (11), 2691-2712. doi: 10.1007/s40279-022-01716-w.
- Kim, J. (2023). Effect of high-dose vitamin C and E supplementation on muscle recovery and training adaptation: a mini review. *Physical Activity and Nutrition* 27 (2), 8-12. doi: 10.20463/pan.2023.0012.
- Kleim, J., Hogg, T., VandenBerg, P., Cooper, N., Bruneau, R. & Remple, M. (2004). Cortical synaptogenesis and motor map reorganization occur during late, but not early, phase of motor skill learning. *The Journal of Neuroscience* 24 (3), 628-633. doi: 10.1523/JNEUROSCI.3440-03.2004.
- Knapik, J., Steelman, R., Hoedebecke, S., Austin, K., Farina, E. & Lieberman, H. (2016). Prevalence of Dietary Supplement Use by Athletes: Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine* 46 (1), 103-123. doi: 10.1007/s40279-015-0387-7.
- Koerich, A., Borszcz, F., Mello, A., de Lucas, R. & Hansen, F. (2023). Effects of the ketogenic diet on performance and body composition in athletes and trained adults: a systematic review and Bayesian multivariate multilevel meta-analysis and meta-regression. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 63 (32), 11399-11424. doi: 10.1080/10408398.2022.2090894.
- Kongsgaard, M., Reitelseder, S., Pedersen, T., Holm, L., Aagaard, P., Kjaer, M. & Magnusson, S. (2007). Region specific patellar tendon hypertrophy in humans following resistance training. *Acta Physiologica* 191 (2), 111-121. doi: 10.1111/j.1748-1716.2007.01714.x.

- Kraemer, W., Ratamess, N. & French, D. (2002). Resistance training for health and performance. *Current sports medicine reports* 1 (3), 165-171. doi: 10.1249/00149619-200206000-00007.
- Kreider, R. (1999). Dietary supplements and the promotion of muscle growth with resistance exercise. *Sports Medicine* 27 (2), 97-110. doi: 10.2165/00007256-199927020-00003.
- Kuschel, L., Sonnenburg, D. & Engel, T. (2022). Factors of Muscle Quality and Determinants of Muscle Strength: A Systematic Literature Review. *Healthcare* 10 (10), 1937. doi: 10.3390/healthcare10101937.
- La Bounty, P., Campbell, B., Wilson, J., Galvan, E., Berardi, J., Kleiner, S., Kreider, R., Stout, J., Ziegenfuss, T., Spano, M., Smith, A. & Antonio, J. (2011). International Society of Sports Nutrition position stand: meal frequency. *Journal of the International Society of Sports Nutrition* 8, 4. doi: 10.1186/1550-2783-8-4.
- Laaksonen, M. & Ilander, O. (2021). Proteiini – Ravitseemus, suoritussyky ja harjoitusadaptaatio. Teoksessa O. Ilander, I. Heikura, E. Hietavala, M. Laakso, L. Manner & J. Mursu (toim.) *Liikuntaravitseemus 3.0*. 1. painos. Lahti: VK-Kustannus Oy, 425–452.
- Leidy, H. & Campbell, W. (2011). The effect of eating frequency on appetite control and food intake: brief synopsis of controlled feeding studies. *The Journal of Nutrition* 141 (1), 154-157. doi: 10.3945/jn.109.114389.
- Li, M., Zhou, X., Chen, Y., Nie, Y., Huang, H., Chen, H. & Mo, D. (2015). Not all the number of skeletal muscle fibers is determined prenatally. *BMC Development Biology* 15, 42. doi: 10.1186/s12861-015-0091-8.
- Li, S., Fasipe, B. & Laher, I. (2022). Potential harms of supplementation with high doses of antioxidants in athletes. *Journal of Exercise Science and Fitness* 20 (4), 269-275. doi: 10.1016/j.jesf.2022.06.001.
- Lieber, R. & Friden, J. (2000). Functional and clinical significance of skeletal muscle architecture. *Muscle & Nerve* 23 (11), 1647-1666. doi: 10.1002/1097-4598(200011)23:11<1647::aid-mus1>3.0.co;2-m.
- Lieber, R. & Ward, S. (2011). Skeletal muscle design to meet functional demands. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* 366 (1570), 1466-1476. doi: 10.1098/rstb.2010.0316.
- Lim, M., Pan, B., Toh, D., Sutanto, C. & Kim, J. (2021). Animal Protein versus Plant Protein in Supporting Lean Mass and Muscle Strength: A Systematic Review and Meta-

- Analysis of Randomized Controlled Trials. *Nutrients* 13 (2), 661. doi: 10.3390/nu13020661.
- Lindström, J., Aittola, K., Pölönen, A., Hemiö, K., Ahonen, K., Karhunen, L., Männikkö, R., Siljamäki-Ojansuu, U., Tilles-Tirkkonen, T., Virtanen, E., Pihlajamäki, J. & Schwab, U. (2021). Formation and Validation of the Healthy Diet Index (HDI) for Evaluation of Diet Quality in Healthcare. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 18 (5), 2362. doi: 10.3390/ijerph18052362.
- Loenneke, J., Loprinzi, P., Murphy, C. & Phillips, S. (2016). Per meal dose and frequency of protein consumption is associated with lean mass and muscle performance. *Clinical Nutrition* 35 (6), 1506-1511. doi: 10.1016/j.clnu.2016.04.002.
- Lohman, T., Going, S., Pamenters, R., Hall, M., Boyden T., Houtkooper, L., Ritenbaugh, C., Bare, L., Hill, A. & Aickin, M. (1995). Effects of resistance training on regional and total bone mineral density in premenopausal women: a randomized prospective study. *Journal of Bone and Mineral Research* 10 (7), 1015-1024. doi: 10.1002/jbmr.5650100705.
- Longland, T., Oikawa, S., Mitchell, C., Devries, M. & Phillips, S. (2016). Higher compared with lower dietary protein during an energy deficit combined with intense exercise promotes greater lean mass gain and fat mass loss: a randomized trial. *The American Journal of Clinical Nutrition* 103 (3), 738-746. doi: 10.3945/ajcn.115.119339.
- Lowery, L. (2004). Dietary fats and sports nutrition: a primer. *Journal of Sports Sciences and Medicine* 3 (3), 106-117.
- Lundy, B., Torstveit, M., Stenqvist, T., Burke, L., Garthe, I., Slater, G., Ritz, C. & Melin, A. (2022). Screening for Low Energy Availability in Male Athletes: Attempted Validation of LEAM-Q. *Nutrients* 14 (9), 1873. doi: 10.3390/nu14091873.
- Macnaughton, L., Wardle, S., Witard, O., McGlory, C., Hamilton, L., Jeromson, S., Lawrence, C., Wallis, G. & Tipton, K. (2016). The response of muscle protein synthesis following whole-body resistance exercise is greater following 40 g than 20 g of ingested whey protein. *Physiological Reports* 4 (15). doi: 10.14814/phy2.12893.
- Mamerow, M., Mettler, J., English, K., Casperson, S., Arentson-Lantz, Sheffield-Moore, M., Layman, D. & Paddon-Jones, D. (2014). Dietary protein distribution positively influences 24-h muscle protein synthesis in healthy adults. *The Journal of Nutrition* 144 (6), 876-880. doi: 10.3945/jn.113.185280.
- Margolis, L., Murphy, N., Martini, S., Gundersen, Y., Castellani, J., Karl, P., Carrigan, C., Teien, H., Madslie, E., Montain, S. & Pasiakos, S. (2016). Effects of Supplemental

- Energy on Protein Balance during 4-d Arctic Military Training. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 48 (8), 1604-1612. doi: 10.1249/MSS.0000000000000944.
- Margolis, L. & Pasiakos, S. (2023). Low carbohydrate availability impairs hypertrophy and anaerobic performance. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care* 26 (4), 347-352. doi: 10.1097/MCO.0000000000000934.
- Martínez-Ferrán, M., Berlanga, L., Barcelo-Guido, O., Matos-Duarte, M., Vicente-Campos, D., Sánchez-Jorge, S., Romero-Morales, C., Munguía-Izquierdo, D. & Pareja, Galeano, H. (2023). Antioxidant vitamin supplementation on muscle adaptations to resistance training: A double-blind, randomized controlled trial. *Nutrition*. doi: 10.1016/j.nut.2022.111848.
- Martini, G., Pinto, R., Brusco, C., Franceschetto, B., Oliveira, M., Neske, R., Cadore, F., Teodoro, J., Wilhelm, E. & de Souza, C. (2023). Similar body composition, muscle size, and strength adaptations to resistance training in lacto-ovo-vegetarians and non-vegetarians. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism* 48 (6), 469-478. doi: 10.1139/apnm-2022-0258.
- Mason, J., Frazer, A., Avela, J., Pearce, A., Howatson, G. & Kidgell, D. (2020). Tracking the corticospinal responses to strength training. *European Journal of Applied Physiology* 120 (4), 783-798. doi: 10.1007/s00421-020-04316-6.
- McArdle, B., Katch, F. & Katch, V. (2015). *Exercise Physiology – Nutrition, Energy and Human Performance*. 8. painos. Baltimore, MD: Wolters Kluwer Health.
- McGlory, C., Wardle, S., Macnaughton, L., Witard, O., Scott, F., Dick, J., Bell, G., Phillips, S., Galloway, S., Hamilton, L. & Tipton, K. (2016). Fish oil supplementation suppresses resistance exercise and feeding-induced increases in anabolic signaling without affecting myofibrillar protein synthesis in young men. *Physiological Reports* 4 (6). doi: 10.14814/phy2.12715.
- McGlory, C., Gorissen, S., Kamal, M., Bahniwal, R., Hector, A., Baker, S., Chabowski, A. & Phillips, S. (2019). Omega-3 fatty acid supplementation attenuates skeletal muscle disuse atrophy during two weeks of unilateral leg immobilization in healthy young women. *FASEB Journal* 33 (3), 4586-4597. doi: 10.1096/fj.201801857RRR.
- McKay, A., Peeling, P., Pyne, D., Tee, N., Whitfield, J., Sharma, A., Heikura, I. & Burke, L. (2022). Six Days of Low Carbohydrate, Not Energy Availability, Alters the Iron and Immune Response to Exercise in Elite Athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 54 (3), 377-387. doi: 10.1249/MSS.0000000000002819.

- Melin, A., Tornberg, A., Skouby, S., Faber, J., Ritz, C., Sjödin, A. & Sundgot-Borgen, J. (2014). The LEAF questionnaire: a screening tool for the identification of female athletes at risk for the female athlete triad. *British Journal of Sports Medicine* 48 (7), 540-545. doi: 10.1136/bjsports-2013-093240.
- Melin, A., Tornberg, Å., Skouby, S., Moller, S., Faber, J., Sundgot-Borgen, J. & Sjödin, A. (2016). Low-energy density and high fiber intake are dietary concerns in female endurance athletes. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 26 (9), 1060-1071. doi: 10.1111/sms.12516.
- Mettler, S., Mitchell, N. & Tipton, K. (2010). Increased protein intake reduces lean body mass loss during weight loss in athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 42 (2), 326-337. doi: 10.1249/MSS.0b013e3181b2ef8e.
- Mickleborough, T., Head, S. & Lindley, M. (2011). Exercise-induced asthma: nutritional management. *Current Sports Medicine Reports* 10 (4), 197-202. doi: 10.1249/JSR.0b013e318223cdb5.
- Mitchell, C., Churchward-Venne, T., Parise, G., Bellamy, L., Baker, S., Smith, K., Atherton, P. & Phillips, S. (2014). Acute post-exercise myofibrillar protein synthesis is not correlated with resistance training-induced muscle hypertrophy in young men. *PLoS One* 9 (2). doi: 10.1371/journal.pone.0089431.
- Mond, J., Hay, P., Rodgers, B., Owen, C. & Beumont, P. (2004). Validity of the Eating Disorder Examination Questionnaire (EDE-Q) in screening for eating disorders in community samples. *Behaviour Research and Therapy* 42 (5), 551-567. doi: 10.1016/S0005-7967(03)00161-X.
- Moore, D., Areta, J., Coffey, V., Stellingwerff, T., Phillips, S., Burke, L., Cléroux, M., Godin, J. & Hawley, J. (2012). Daytime pattern of post-exercise protein intake affects whole-body protein turnover in resistance-trained males. *Nutrition & Metabolism* 9 (1), 91. doi: 10.1186/1743-7075-9-91.
- Moro, T., Tinsley, G., Bianco, A., Marcolin, G., Pacelli, Q., Battaglia, G., Palma, A., Gentil, P., Neri, M. & Paoli, A. (2016). Effects of eight weeks of time-restricted feeding (16/8) on basal metabolism, maximal strength, body composition, inflammation, and cardiovascular risk factors in resistance-trained males. *Journal of Translational Medicine* 14 (1), 290. doi: 10.1186/s12967-016-1044-0.
- Morton, R., McGlory, C. & Phillips, S. (2015). Nutritional interventions to augment resistance training-induced skeletal muscle hypertrophy. *Frontiers in Physiology* 6, 245. doi: 10.3389/fphys.2015.00245.

- Morton, R., Murphy, K., McKellar, S., Schoenfeld, B., Henselmans, M., Helms, E., Aragon, A., Devries, M., Banfield, L., Krieger, J. & Phillips, S. (2018). A systematic review, meta-analysis and meta-regression of the effect of protein supplementation on resistance training-induced gains in muscle mass and strength in healthy adults. *British Journal of Sports Medicine* 52 (6), 376-384. doi: 10.1136/bjsports-2017-097608.
- Mountjoy, M., Ackerman, K., Bailey, D., Burke, L., Constantini, N., Hackney, A., Heikura, I., Melin, A., Pensgaard, A., Stellingwerff, T., Sundgot-Borgen, J., Torstveit, M., Jacobsen, A., Verhagen, E., Budgett, R., Engebretsen, L. & Erdener, U. (2023). 2023 International Olympic Committee's (IOC) consensus statement on Relative Energy Deficiency in Sport (REDs). *British Journal of Sports Medicine* 57 (17), 1073-1097. doi: 10.1136/bjsports-2023-106994.
- Murach, K., Dungan, C., Peterson, C., McCarthy, J. (2019). Muscle Fiber Splitting Is a Physiological Response to Extreme Loading in Animals. *Exercise and Sport Sciences Reviews* 47 (2), 108-115. doi: 10.1249/JES.0000000000000181.
- Murphy, C., Hector, A. & Phillips, S. (2015). Considerations for protein intake in managing weight loss in athletes. *European Journal of Sport Science* 15 (1), 21-28. doi: 10.1080/17461391.2014.936325.
- Murphy, C. & Koehler, K. (2020). Caloric restriction induces anabolic resistance to resistance exercise. *European Journal of Applied Physiology* 120 (5), 1155-1164. doi: 10.1007/s00421-020-04354-0.
- Murphy, C. & Koehler, K. (2022). Energy deficiency impairs resistance training gains in lean mass but not strength: A meta-analysis and meta-regression. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 32 (1), 125-137. doi: 10.1111/sms.14075.
- Mutanen, M., Voutilainen, E. & Freese, R. (2021). Energiaravintoaineet, ravintokuitu ja alkoholi. Teoksessa M. Mutanen, H. Niinikoski, U. Schwab & M. Uusitupa (toim.) Ravitsemustiede. 8. uudistettu painos. Helsinki: Duodecim Oy, 94-131.
- Männistö, S., Kaartinen, N., Maukonen, M., Tapanainen, H., Pakkala, H., Juolevi, A., Rissanen, H., Borodulin, K. & Valsta, L. (2019). Dietary Habits. Teoksessa K. Borodulin & K. Sääksjärvi (toim.) FinHealth 2017 Study – Methods. Report 172019. Helsinki.
- Nagawa, K., Takemi, M., Nakanishi, T., Sasaki, A. & Nakazawa, K. (2020). Cortical reorganization of lower-limb motor representations in an elite archery athlete with congenital amputation of both arms. *Neuroimage. Clinical* 25. doi: 10.1016/j.nicl.2019.102144.

- Nichele, S., Phillips, S. & Boaventura, B. (2022). Plant-based food patterns to stimulate muscle protein synthesis and support muscle mass in humans: a narrative review. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism* 47 (7), 700-710. doi: 10.1139/apnm-2021-0806.
- Nordic Nutrition Recommendations 2012, NNR. (2014). Nordic Nutrition Recommendations 2012 - Integrating nutrition and physical activity. 5. painos. <https://www.norden.org/en/publication/nordic-nutrition-recommendations-2012>.
- Nunes, E., Colenso-Semple, L., McKellar, S., Yau, T., Ali, M., Fitzpatrick-Lewis, D., Sherifali, D., Gaudichon, C., Tomé, D., Atherton, P., Robles, M., Naranjo-Modad, S., Braun, M., Landi, F. & Phillips, S. (2022). Systematic review and meta-analysis of protein intake to support muscle mass and function in healthy adults. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle* 13 (2), 795-810. doi: 10.1002/jcsm.12922.
- Nuzzo, J., Barry, B., Gandevia, S. & Taylor, J. (2016). Acute Strength Training Increases Responses to Stimulation of Corticospinal Axons. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 48 (1), 139-150. doi: 10.1249/MSS.0000000000000733.
- O'Bryan, S., Giuliano, C., Woessner, M., Vogrin, S., Smith, C., Duque, G. & Levinger, I. (2022). Progressive Resistance Training for Concomitant Increases in Muscle Strength and Bone Mineral Density in Older Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine* 52 (8), 1939-1960. doi: 10.1007/s40279-022-01675-2.
- Owens, D., Sharples, A., Polydorou, I., Alwan, N., Donovan, T., Tang, J., Fraser, W., Cooper, R., Morton, J., Stewart, C. & Close, G. (2015). A systems-based investigation into vitamin D and skeletal muscle repair, regeneration, and hypertrophy. *American Journal of Physiology. Endocrinology and Metabolism* 309 (12), 1019-1031. doi: 10.1152/ajpendo.00375.2015.
- Oxfeldt, M., Phillips, S., Andersen, O., Johansen, F., Bangshaab, M., Risikesan, J., McKendry, J., Melin, A. & Hansen, M. (2023). Low energy availability reduces myofibrillar and sarcoplasmic muscle protein synthesis in trained females. *The Journal of Physiology* 601 (16), 3481-3497. doi: 10.1113/JP284967.
- Paoli, A., Cenci, L., Pompei, P., Sahin, N., Bianco, A., Neri, M., Caprio, M. & Moro, T. (2021). Effects of Two Months of Very Low Carbohydrate Ketogenic Diet on Body Composition, Muscle Strength, Muscle Area, and Blood Parameters in Competitive Natural Body Builders. *Nutrients* 13 (2), 374. doi: 10.3390/nu13020374.
- Paulsen, G., Hamarsland, H., Cumming, K., Johansen, R., Hulmi, J., Borsheim, E., Wiig, H., Garthe, I. & Raastad, T. (2014). Vitamin C and E supplementation alters protein signalling after a strength training session, but not muscle growth during 10 weeks of

- training. *The Journal of Physiology* 592 (24), 5391-5408. doi: 10.1113/jphysiol.2014.279950.
- Pearcey, G., Alizedah, S., Power, K. & Button, D. (2021). Chronic resistance training: is it time to rethink the time course of neural contributions to strength gain?. *European Journal of Applied Physiology* 121 (9), 2413-2422. doi: 10.1007/s00421-021-04730-4.
- Petersen, B., Hastings, B. & Gottschall, J. (2017). Low load, high repetition resistance training program increases bone mineral density in untrained adults. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 57 (1-2), 70-76. doi: 10.23736/S0022-4707.16.05697-8.
- Petter, D. & Staron, R. (2000). Myosin isoforms, muscle fiber types, and transitions. *Microscopy Research and Technique* 50 (6), 500-509. doi: 10.1002/1097-0029(20000915)50:6<500::AID-JEMT7>3.0.CO;2-7.
- Phillips, S. (2014). A brief review of critical processes in exercise-induced muscular hypertrophy. *Sports Medicine* 44 (1), 71-77. doi: 10.1007/s40279-014-0152-3.
- Plotkin, D., Roberts, M., Haun, C. & Schoenfeld, B. (2021). Muscle Fiber Type Transitions with Exercise Training: Shifting Perspectives. *Sports* 9 (9), 127. doi: 10.3390/sports9090127.
- Pompano, L. & Haas, J. (2019). Increasing Iron Status through Dietary Supplementation in Iron-Depleted, Sedentary Women Increases Endurance Performance at Both Near-Maximal and Submaximal Exercise Intensities. *The Journal of Nutrition* 149 (2), 231-239. doi: 10.1093/jn/nxy271.
- Purslow, P. (2020). The Structure and Role of Intramuscular Connective Tissue in Muscle Function. *Frontiers in Physiology* 11, 495. doi: 10.3389/fphys.2020.00495.
- Pyke, A. (2017). Low Carbohydrate High Fat (LCHF) Diets and Endurance Performance. *Journal of Australian Strength and Conditioning* 25 (4), 61-64.
- Rautavirta, K., Schwab, U., Valsta, L., Laatikainen, T. & Kurppa, S. (2021). Suomalainen ravitsemus ja sen kehitys. Teoksessa M. Mutanen, H. Niinikoski, U. Schwab & M. Uusitupa (toim.) Ravitsemustiede. 8. uudistettu painos. Helsinki: Duodecim Oy, 16-41.
- Reed, J., Howell, J., Hill, B., Williams, B., de Souza, M. & Williams, N. (2011). Exercising women with menstrual disturbances consume low energy dense foods and beverages. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism* 36 (3), 382-394. doi: 10.1139/h11-030.
- Rehfeldt, C., Stickland, N., Fiedler, I., Wegner, J. (1999). Environmental and Genetic Factors as Sources of Variation in Skeletal Muscle Fibre Number. *Basic and Applied Myology* 9 (5), 235-253.

- Reidy, P., Borack, M., Markofski, M., Dickinson, J., Deer, R., Husaini, S., Walker, D., Igbiniw, S., Robertson, S., Cope, M., Mukherjea, R., Hall-Porter, J., Jennings, K., Volpi, E. & Rasmussen, B. (2016). Protein Supplementation Has Minimal Effects on Muscle Adaptations during Resistance Exercise Training in Young Men: A Double-Blind Randomized Clinical Trial. *The Journal of Nutrition* 146 (9), 1660-1669. doi: 10.3945/jn.116.231803.
- Rodriguez-Rosell, D., Pareja-Blanco, F., Aagaard, P. & Gonzalez-Badillo, J. (2018). Physiological and methodological aspects of rate of force development assessment in human skeletal muscle. *Clinical Physiology and Functional Imaging* 38 (5), 743-762. doi: 10.1111/cpf.12495.
- Rolls, B. (2009). The relationship between dietary energy density and energy intake. *Physiology & Behaviour* 97 (5), 609-615. doi: 10.1016/j.physbeh.2009.03.011.
- Romijn, J., Coyle, E., Sidossis, L., Gastaldelli, A., Horowitz, J., Endert, E. & Wolfe, R. (1993). Regulation of endogenous fat and carbohydrate metabolism in relation to exercise intensity and duration. *The American Journal of Physiology* 265 (3), 380-391. doi: 10.1152/ajpendo.1993.265.3.E380.
- Rossato, L., Schoenfeld, B. & de Oliveira, E. (2020). Is there sufficient evidence to supplement omega-3 fatty acids to increase muscle mass and strength in young and older adults?. *Clinical Nutrition* 39 (1), 23-32. doi: 10.1016/j.clnu.2019.01.001.
- Roth, C., Schoenfeld, B. & Behringer, M. (2022). Lean mass sparing in resistance-trained athletes during caloric restriction: the role of resistance training volume. *European Journal of Applied Physiology* 122 (5), 1129-1151. doi: 10.1007/s00421-022-04896-5.
- Rubeor, A., Goojha, C., Manning, J. & White, J. (2018). Does Iron Supplementation Improve Performance in Iron-Deficient Nonanemic Athletes?. *Sports Health* 10 (5), 400-405. doi: 10.1177/1941738118777488.
- Santo André, H., Esteves, G., Barreto, G., Longhini, F., Dolan, E. & Benatti, F. (2023). The Influence of n-3PUFA Supplementation on Muscle Strength, Mass, and Function: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Advances in Nutrition* 14 (1), 115-127. doi: 10.1016/j.advnut.2022.11.005.
- Schoenfeld, B. & Aragon, A. (2018). How much protein can the body use in a single meal for muscle-building? Implications for daily protein distribution. *Journal of International Society of Sports Nutrition* 15, 10. doi: 10.1186/s12970-018-0215-1.

- Schoenfeld, B., Aragon, A. & Krieger, J. (2015). Effects of meal frequency on weight loss and body composition: a meta-analysis. *Nutrition Reviews* 73 (2), 69-82. doi: 10.1093/nutrit/nuu017.
- Schoenfeld, B., Grgic, J., Ogborn, D. & Krieger, J. (2017). Strength and Hypertrophy Adaptations Between Low- vs. High-Load Resistance Training: A Systematic Review and Meta-analysis. *Journal of Strength and Conditioning Research* 31 (12), 3508-3523. doi: 10.1519/JSC.0000000000002200.
- Semmler, J. (2002). Motor unit synchronization and neuromuscular performance. *Exercise and Sport Science Reviews* 30 (1), 8-14. doi: 10.1097/00003677-200201000-00003.
- Seynnes, O., de Boer, M. & Narici, M. (2007). Early skeletal muscle hypertrophy and architectural changes in response to high-intensity resistance training. *Journal of Applied Physiology* 102 (1), 368-373. doi: 10.1152/jappphysiol.00789.2006.
- Siddique, U., Rahman, S., Frazer, A., Pearce, A., Howatson, G. & Kidgell, D. (2020). Determining the Sites of Neural Adaptations to Resistance Training: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Medicine* 50 (6), 1107-1128. doi: 10.1007/s40279-020-01258-z.
- Sim, A. & Burns, S. (2021). Review: questionnaires as measures for low energy availability (LEA) and relative energy deficiency in sport (RED-S) in athletes. *Journal of Eating Disorders* 9 (1), 41. doi: 10.1186/s40337-021-00396-7.
- Slater, J., McLay-Cooke, R., Brown, R. & Black, K. (2016). Female Recreational Exercisers at Risk for Low Energy Availability. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* 26 (5), 421-427. doi: 10.1123/ijsnem.2015-0245.
- Slater, G., Dieter, B., Marsh, D., Helms, E., Shaw, G. & Iraki, J. (2019). Is an Energy Surplus Required to Maximize Skeletal Muscle Hypertrophy Associated With Resistance Training. *Frontiers in Nutrition* 6, 131. doi: 10.3389/fnut.2019.00131.
- Smith, G., Atherton, P., Reeds, D., Mohammed, B., Rankin, D., Rennie, M. & Mittendorfer, B. (2011). Omega-3 polyunsaturated fatty acids augment the muscle protein anabolic response to hyperinsulinaemia-hyperaminoacidaemia in healthy young and middle-aged men and women. *Clinical Science* 121 (6), 267-278. doi: 10.1042/CS20100597.
- Stark, M., Lukaszuk, J., Prawitz, A. & Salacinski, A. (2012). Protein timing and its effects on muscular hypertrophy and strength in individuals engaged in weight-training. *Journal of the International Society of Sports Nutrition* 9 (1), 54. doi: 10.1186/1550-2783-9-54.

- Stokes, T., Hector, A., Morton, R., McGlory, C. & Phillips, S. (2018). Recent Perspectives Regarding the Role of Dietary Protein for the Promotion of Muscle Hypertrophy with Resistance Exercise Training. *Nutrients* 10 (2), 180. doi: 10.3390/nu10020180.v
- Suchomel, T., Nimphius, S., Bellon, C. & Stone, M. (2018). The Importance of Muscular Strength: Training Considerations. *Sports Medicine* 48 (4), 765-785. doi: 10.1007/s40279-018-0862-z.
- Tagawa, R., Watanabe, D., Ito, K., Otsuyama, T., Nakayama, K., Sanbongi, C. & Miyachi, M. (2022). Synergistic Effect of Increased Total Protein Intake and Strength Training on Muscle Strength: A Dose-Response Meta-analysis of Randomized Controlled Trials. *Sports Medicine – Open* 8 (1). doi: 10.1186/s40798-022-00508-w.
- Tallent, J., Woodhead, A., Frazer, A., Hill, J. & Kidgell, D. & Howatson, G. (2021). Corticospinal and spinal adaptations to motor skill and resistance training: Potential mechanisms and implications for motor rehabilitation and athletic development. *European Journal of Applied Physiology* 121 (3), 707-719. doi: 10.1007/s00421-020-04584-2.
- Terve urheilija. (2024). Urheilijan lautasmalli. Verkkosivu. Viitattu 25.3.2024. <https://terveurheilija.fi/urheilijan-ravitsemus/urheilijan-lautasmalli/>.
- Thalacker-Mercer, A., Petrella, J. & Bamman, M. (2009). Does habitual dietary intake influence myofiber hypertrophy in response to resistance training? A cluster analysis. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism* 34 (4), 632-639. doi: 10.1139/H09-038.
- Thomas, T., Erdman, K. & Burke, L. (2016). Position of the Academy of Nutrition and Dietetics, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and Athletic Performance. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics* 116 (3), 501-528. doi: 10.1016/j.jand.2015.12.006.
- Tieland, M., Borgonjen-van den Berg, K., van Loon, L. & de Groot, L. (2012). Dietary protein intake in community-dwelling, frail, and institutionalized elderly people: scope for improvement.
- Tinsley, G., Moore, M., Graybel, A., Paoli, A., Kim, Y., Gonzales, J., Harry, J., van Dusseldorp, T., Kennedy, D. & Cruz, M. (2019). Time-restricted feeding plus resistance training in active females: a randomized trial. *The American Journal of Clinical Nutrition* 110 (3), 628-640. doi: 10.1093/ajcn/nqz126.
- Trommelen, J., van Lieshout, G., Nyakayiru, J., Holwerda, A., Smeets, J., Hendriks, F., van Kranenburg, J., Zorenc, A., Senden, J., Goessens, J., Gijsen, A. & van Loon, L. (2023). The anabolic response to protein ingestion during recovery from exercise has no upper

- limit in magnitude and duration in vivo in humans. *Cell Reports. Medicine* 4 (12). doi: 10.1016/j.xcrm.2023.101324.
- Valsta, L., Kaartinen, N., Tapanainen, H., Männistö, S. & Sääksjärvi, K. (2018). Ravitseemus Suomessa – FinRavinto 2017 -tutkimus. Helsinki: Punamusta Oy.
- Valtion ravitseemusneuvottelukunta, VRN. (2014). Terveyttä ruoasta - Suomalaiset ravitseemussuosituksat 2014. 5. painos.
- Van Cutsem, M., Duchateau, J. & Hainaut, K. (1998). Changes in single motor unit behaviour contribute to the increase in contraction speed after dynamic training in humans. *The Journal of Physiology* 513, 295-305. doi: 10.1111/j.1469-7793.1998.295by.x.
- van Vliet, S., Burd, N. & van Loon, L. (2015). The Skeletal Muscle Anabolic Response to Plant-versus Animal-Based Protein Consumption. *The Journal of Nutrition* 145 (9), 1981-1991. doi: 10.3945/jn.114.204305.
- Vargas-Molina, S., Gómez-Urquiza, J., Garcia-Romero, J. & Benítez-Porres, J. (2022). Effects of the Ketogenic Diet on Muscle Hypertrophy in Resistance-Trained Men and Women: A Systematic Review and Meta-Analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 19 (19). doi: 10.3390/ijerph191912629.
- Vigh-Larsen, J., Ortenblad, N., Spriet, L., Overgaard, K. & Mohr, M. (2021). Muscle Glycogen Metabolism and High-Intensity Exercise Performance: A Narrative Review. *Sports Medicine* 51 (9), 1855-1874. doi: 10.1007/s40279-021-01475-0.
- Volpe, S. (2007). Micronutrient requirements for athletes. *Clinics in Sports Medicine* 26 (1), 119-130. doi: 10.1016/j.csm.2006.11.009.
- Wallace, T. & Frankenfeld, C. (2017). Dietary Protein Intake above the Current RDA and Bone Health: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of the American College of Nutrition* 36 (6), 481-496. doi: 10.1080/07315724.2017.1322924.
- Welch, E., Birgegård, A., Parling, T. & Ghaderi, A. (2011). Eating disorder examination questionnaire and clinical impairment assessment questionnaire: general population and clinical norms for young adult women in Sweden. *Behaviour Research and Therapy* 49 (2), 85-91. doi: 10.1016/j.brat.2010.10.010.
- Westcott, W. (2012). Resistance training is medicine: effects of strength training on health. *Current Sports Medicine Reports* 11 (4), 209-216. doi: 10.1249/JSR.0b013e31825dabb8.
- Whittaker, J. & Wu, K. (2021). Low-fat diets and testosterone in men: Systematic review and meta-analysis of intervention studies. *The Journal of Steroid Biochemistry and molecular biology* 210. doi: 10.1016/j.jsbmb.2021.105878.

- Wiesinger, H., Kösters, A., Muller, E. & Seynnes, O. (2015). Effects of Increased Loading on In Vivo Tendon Properties: A Systematic Review. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 47 (9), 1885-1895. doi: 10.1249/MSS.0000000000000603.
- Wilson, M., Hunter, A., Fairweather, M., Kerr, S., Hamilton, L. & Macgregor, L. (2023). Enhanced skeletal muscle contractile function and corticospinal excitability precede strength and architectural adaptations during lower-limb resistance training. *European Journal of Applied Physiology*. doi: 10.1007/s00421-023-05201-8.
- Yasuda, J., Tomita, T., Arimitsu, T. & Fujita, S. (2020). Evenly Distributed Protein Intake over 3 Meals Augments Resistance Exercise-Induced Muscle Hypertrophy in Healthy Young Men. *The Journal of Nutrition* 150 (7), 1845-1851. doi: 10.1093/jn/nxaa101.
- Zabaleta-Korta, A., Fernandez-Pena, E., Santos-Concejero, J. (2020). Regional Hypertrophy, the Inhomogeneous Muscle Growth: A Systematic Review. *Strength and Conditioning Journal* 42 (5), 94-101. doi: 10.1519/SSC.0000000000000574.
- Zbinden-Foncea, H., Ramos-Navarro, C., Hevia-Larraín, V., Cástro-Sepulveda, M., Saul, M., Kalazich, C. & Deldicque, L. (2023). Neither Chia Flour nor Whey Protein Supplementation Further Improves Body Composition or Strength Gains after a Resistance Training Program in Young Subjects with a Habitual High Daily Protein Intake. *Nutrients* 15 (6), 1365. doi: 10.3390/nu15061365.

LIITE 1. Low energy availability for females questionnaire (LEAF-Q kysely suomeksi).

Tutkimusnumero

Ikä

Pituus (cm)

Paino (kg)

Korkein paino nykyisessä pituudessa? (kg)

Minä vuonna painoit sen verran? (Vuosi)

Alhaisin paino nykyisessä pituudessa: (kg)

Minä vuonna painoit sen verran? (Vuosi)

A1. Ovatko vammat estäneet normaalin harjoittelusi viimeisen vuoden aikana?

- Eivät kertaakaan
- Kyllä, 1-2 kertaa
- Kyllä, 3-4 kertaa
- Kyllä, 5 kertaa tai enemmän

A2. Montako päivää olet joutunut olemaan poissa harjoituksista tai kilpailuista viimeisen vuoden?

- 1-7 päivää
- 7-14 päivää
- 15-21 päivää
- 22 päivää tai enemmän

A3. Kuvaile vammojasi:

Muita kommentteja vammoihin liittyen:

A. Onko sinulla vatsan turvotusta tai kaasunmuodostusta myös silloin, kun sinulla ei ole kuukautisia?

- Kyllä, useasti päivässä
- Kyllä, useasti viikossa
- Kyllä, 1-2 kertaa viikossa tai harvemmin
- Harvoin tai ei koskaan

B. Onko sinulla vatsakipua tai -kramppeja, jotka eivät liity kuukautisiin?

- Kyllä, useasti päivässä

- Kyllä, useasti viikossa
- Kyllä, 1-2 kertaa viikossa tai harvemmin
- Harvoin tai ei koskaan

C. Kuinka usein suolesi keskimäärin toimii?

- Useita kertoja päivässä
- Kerran päivässä
- Joka toinen päivä
- Kahdesti viikossa
- Kerran viikossa tai harvemmin

D. Kuinka kuvailisit ulosteesi koostumusta?

- Normaali (pehmeä)
- Ripulinkaltainen (vetinen)
- Kova ja kuiva
- Kommentteja suoliston toimintaan liittyen:

3.1 Hormonivalmisteet (merkitse tilannettasi parhaiten kuvaava vaihtoehto)

A. Käytätkö parhaillaan hormonivalmisteita?

- Kyllä
- En

A1. Miksi käytät hormonivalmisteita?

- Ehkäisyyn
- Kuukautiskipuihin
- Vuodon vähentämiseksi
- Kuukautisten ajankohdan muuttamiseen
- Jotta kuukautiset eivät loppuisi
- Muu syy

Voit täsmentää tähän, mikä muu syy:

A2. Oletko aiemmin käyttänyt hormonivalmisteita?

- Kyllä
- En
- Koska ja kuinka kauan?

B. Käytätkö muita hormonivalmisteita (mm. hormonikierukka tai -implantti)?

- Kyllä
- En

B1. Täsmennä, mitä käytät.

- Ehkäisylaastari
- Ehkäisyrengas
- Hormonikierukka
- Muu

3.2 Kuukautiskierto (valitse tilannettasi parhaiten kuvaava vaihtoehto)

A. Kuinka vanha olit, kun kuukautisesi alkoivat?

- 11 vuotta tai nuorempi
- 12-14 vuotta
- 15 vuotta tai enemmän
- En muista
- Minulla ei ole koskaan ollut kuukautisia

B. Alkoivatko kuukautisesi luonnostaan (itsestään)?

- Kyllä
- Eivät
- En muista

C. Onko sinulla normaali kuukautiskierto?

- Kyllä
- Ei
- En tiedä

C1. Milloin viimeisimmät kuukautiset alkoivat?

- 0-4 viikkoa sitten
- 1-2 kuukautta sitten
- 3-4 kuukautta sitten
- Yli 5 kuukautta sitten

C2. Ovatko kuukautisesi säännölliset?

- Kyllä useimmiten
- Eivät pääsääntöisesti

C3. Montako päivää vuotosi kestää tavallisesti?

- 1-2 päivää
- 3-4 päivää
- 5-6 päivää
- 7-8 päivää
- 9 päivää tai enemmän

C4. Onko sinulla ollut koskaan runsasta vuotoa?

- Kyllä
- Ei

C5. Monetko kuukautiset sinulla on ollut viimeisen vuoden aikana?

- 12 tai enemmän
- 9-11
- 6-8
- 3-5
- 0-2

C6. Milloin sinulla oli viimeksi kuukautiset?

- 2-3 kuukautta sitten
- 4-5 kuukautta sitten
- yli 6 kuukautta sitten
- Olen raskaana, joten minulla ei ole kuukautisia tällä hetkellä.

D. Ovatko kuukautisesi olleet muun syyn kuin raskauden takia poissa kolme kuukautta tai kauemmin?

- Eivät koskaan
- Kyllä niin on tapahtunut aiemmin
- Kyllä juuri nyt

E. Oletko huomannut kuukautisissasi muutoksia, kun liikunnan määrä, teho tai harjoituskerrat lisääntyvät?

- Kyllä
- Ei

E1. Millaisia muutoksia olet havainnut?

- Vuodon määrä vähenee
- Vuodon määrä lisääntyy
- Vuodon kesto lyhenee
- Vuodon kesto pidentyy
- Kuukautiseni jäävät pois

LIITE 2. Low energy availability for males questionnaire (LEAM-Q kysely suomeksi)

Tutkimusnumero

- A Huimaako tai pyörryttääkö sinua, kun nouset nopeasti ylös?
- Kyllä, useita kertoja päivässä
 - Kyllä, useita kertoja viikossa
 - Kyllä, kerran tai kaksi viikossa tai harvemmin
 - Harvoin tai ei koskaan
- B Onko sinulla näköongelmia (näön hämärtyminen, pisteiden näkeminen, tunnelinäkö jne.)?
- Kyllä, useita kertoja päivässä
 - Kyllä, useita kertoja viikossa
 - Kyllä, kerran tai kaksi viikossa tai harvemmin
 - Harvoin tai ei koskaan
- A Onko sinulla vatsan turvotusta tai kaasunmuodostusta vatsassa?
- Kyllä, useita kertoja päivässä
 - Kyllä, useita kertoja viikossa
 - Kyllä, kerran tai kaksi viikossa tai harvemmin
 - Harvoin tai ei koskaan
- B Onko sinulla vatsakipua tai -kramppeja?
- Kyllä, useita kertoja päivässä
 - Kyllä, useita kertoja viikossa
 - Kyllä, kerran tai kaksi viikossa tai harvemmin
 - Harvoin tai ei koskaan
- C Kuinka usein suolesi keskimäärin toimii?
- Useita kertoja päivässä
 - Kerran päivässä
 - Joka toinen päivä
 - Kahdesti viikossa
 - Kerran viikossa tai harvemmin
- D Kuinka kuvailisit ulosteesi koostumusta?
- Normaali (pehmeä)
 - Ripulinkaltainen (vetinen)
 - Kova ja kuiva
 - Kommentteja suoliston toimintaan liittyen:
- A Onko sinulla kylmä, vaikka olisit pukeutunut normaalisti?
- Lähes joka päivä
 - Useita kertoja viikossa
 - Kerran tai kaksi viikossa tai harvemmin
 - Harvoin tai ei koskaan
- B Pukeudutko lämpimämmin kuin seuralaisesi säästä riippumatta?
- Kyllä, lähes aina
 - Kyllä, toisinaan

- Harvoin tai en koskaan

Seuraavassa on kysymyksiä siitä, kuinka usein edellisten 6 kuukauden aikana olet joutunut muuttamaan harjoittelusuunnitelmia tai et ole pystynyt suoriutumaan maksimaalisesti harjoittelun aikana urheiluvamman tai sairauden vuoksi. Akuutti vamma ilmenee äkillisesti tiettyinä ajankohtana (esim. nyrjähdys). Ylikuormituksesta johtuva vamma kehittyy vähitellen (esim. sääri tai akillesjänne, rasisuurtuma).

- A Kuinka monta akuuttia vammaa sinulla on ollut viimeisten 6 kuukauden aikana?
- B Kuinka monta ylikuormitusvammaa sinulla on ollut viimeisten 6 kuukauden aikana?
- C Kuinka monta taukoa harjoittelussa sinulla on ollut sairauden vuoksi viimeisten 6 kuukauden aikana?
- D Kuinka monta päivää peräkkäin olette (enintään) joutunut jättämään harjoitukset väliin tai et ole pystynyt suoriutumaan optimaalisesti harjoituksista loukkaantumisen (akuutti/ylirasitus) tai sairauden takia viimeisten 6 kuukauden aikana?

Akuutti loukkaantuminen

- En kertaakaan
- 1-7 päivää
- 8-14 päivää
- 15-21 päivää
- 22 päivää tai enemmän

Ylirasitus

- En kertaakaan
- 1-7 päivää
- 8-14 päivää
- 15-21 päivää
- 22 päivää tai enemmän

Sairaus

- En kertaakaan
- 1-7 päivää
- 8-14 päivää
- 15-21 päivää
- 22 päivää tai enemmän

Kommentteja liittyen loukkaantumisiin:

Kommentteja liittyen sairauksiin:

- A Väsymys

- A1 Tunnen itseni väsyneeksi työstä/koulusta

- Kyllä, useita kertoja päivässä
- Kyllä, useita kertoja viikossa
- Kyllä, kerran tai kaksi viikossa tai harvemmin
- Harvoin tai en koskaan

- A2 Tunnen itseni yliväsyneeksi

- Kyllä, useita kertoja päivässä

- Kyllä, useita kertoja viikossa
 - Kyllä, kerran tai kaksi viikossa tai harvemmin
 - Harvoin tai en koskaan
- A3 En kykene keskittymään hyvin
- Kyllä, useita kertoja päivässä
 - Kyllä, useita kertoja viikossa
 - Kyllä, kerran tai kaksi viikossa tai harvemmin
 - Harvoin tai en koskaan
- A4 Tunnen itseni uneliaaksi
- Kyllä, useita kertoja päivässä
 - Kyllä, useita kertoja viikossa
 - Kyllä, kerran tai kaksi viikossa tai harvemmin
 - Harvoin tai en koskaan
- A5 Lykkään päätöksentekoa
- Kyllä, aina
 - Kyllä, usein
 - Kyllä, toisinaan
 - Harvoin tai en koskaan
- B Kunto
- B1 Kehoni osia särkee
- Kyllä, useita kertoja päivässä
 - Kyllä, useita kertoja viikossa
 - Kyllä, kerran tai kaksi viikossa tai harvemmin
 - Harvoin tai ei koskaan
- B2 Lihakseni tuntuvat jäykiltä tai kireiltä harjoittelun aikana
- Kyllä, lähes joka harjoituksessa
 - Kyllä, usein
 - Kyllä, toisinaan
 - Harvoin tai ei koskaan
- B3 Minulla on lihaskipuja harjoituksen/suorituksen jälkeen
- Kyllä, lähes joka harjoituksen/suorituksen
 - Kyllä, usein
 - Kyllä, toisinaan
 - Harvoin tai ei koskaan
- B4 Tunnen olevani altis loukkaantumisille
- Kyllä, aina
 - Kyllä, usein
 - Kyllä, toisinaan
 - Harvoin tai en koskaan
- B5 Minulla on päänsärkyä
- Kyllä, lähes päivittäin
 - Kyllä, useina päivinä viikossa
 - Kyllä, kerran tai kaksi viikossa tai harvemmin
 - Harvoin tai ei koskaan

- B6 Tunnen oloni fyysisesti uupuneeksi
- Kyllä, lähes päivittäin
 - Kyllä, useina päivinä viikossa
 - Kyllä, kerran tai kaksi viikossa tai harvemmin
 - Harvoin tai en koskaan
- B7 Tunnen itseni vahvaksi ja edistyn hyvin voimaharjoittelussani
- Kyllä, aina
 - Kyllä, usein
 - Kyllä, toisinaan
 - Harvoin tai en koskaan
- C Uni
- C1 Nukun riittävästi
- Kyllä, lähes joka yö
 - Kyllä, useina öinä viikossa
 - Kyllä, kerran tai kaksi viikossa tai harvemmin
 - Harvoin tai en koskaan
- C2 Nukahdan tyytyväisenä ja rentoutuneena
- Kyllä, lähes joka ilta
 - Kyllä, useina iltoina viikossa
 - Kyllä, kerran tai kaksi viikossa tai harvemmin
 - Harvoin tai en koskaan
- C3 Herään hyvin levänneenä
- Kyllä, lähes joka aamu
 - Kyllä, useina aamuina viikossa
 - Kyllä, kerran tai kaksi viikossa tai harvemmin
 - Harvoin tai en koskaan
- C4 Nukun levottomasti
- Kyllä, lähes joka yö
 - Kyllä, useina öinä viikossa
 - Kyllä, kerran tai kaksi viikossa tai harvemmin
 - Harvoin tai en koskaan
- C5 Uneni keskeytyy helposti
- Kyllä, lähes joka yö
 - Kyllä, useina öinä viikossa
 - Kyllä, kerran tai kaksi viikossa tai harvemmin
 - Harvoin tai en koskaan
- C6 Kuinka monta tuntia olet (keskiarvo/yö) nukkunut viimeisen kuukauden aikana?
 _____ (keskiarvo)
- D Palautuminen
- D1 Palaudun hyvin fyysisesti
- Kyllä, lähes jokaisen harjoituksen jälkeen
 - Kyllä, usein
 - Kyllä, toisinaan
 - Harvoin tai en koskaan
- D2 Olen fyysisesti hyvässä kunnossa
- Kyllä, aina
 - Kyllä, useimmiten

- Kyllä, toisinaan
 - Harvoin tai en koskaan
- D3 Tunnen kehittyväni harjoittelussa ansaitsemallani tavalla
 - Kyllä, aina
 - Kyllä, usein
 - Kyllä, toisinaan
 - Harvoin tai en koskaan
- D4 Kehoni tuntuu vahvalta
 - Kyllä, lähes päivittäin
 - Kyllä, useina päivinä viikossa
 - Kyllä, kerran tai kaksi viikossa tai harvemmin
 - Harvoin tai en koskaan
- E Energiataso
- E1 Tunnen itseni yleensä energiseksi
 - Kyllä, lähes päivittäin
 - Kyllä, useina päivinä viikossa
 - Kyllä, kerran tai kaksi viikossa tai harvemmin
 - Harvoin tai en koskaan
- E2 Tunnen olevani virkistynyt harjoituksiin ja valmis suoriutumaan hyvin
 - Kyllä, lähes päivittäin
 - Kyllä, useina päivinä viikossa
 - Kyllä, kerran tai kaksi viikossa tai harvemmin
 - Harvoin tai en koskaan
- E3 Tunnen itseni onnelliseksi
 - Kyllä, lähes päivittäin
 - Kyllä, useina päivinä viikossa
 - Kyllä, kerran tai kaksi viikossa tai harvemmin
 - Harvoin tai en koskaan
- E4 Tunnen itseni alakuloiseksi ja vähemmän onnelliseksi kuin ennen tunsin tai haluaisin tuntea
 - Kyllä, lähes päivittäin
 - Kyllä, useina päivinä viikossa
 - Kyllä, kerran tai kaksi viikossa tai harvemmin
 - Harvoin tai en koskaan

Liite 3. Eating disorder examination questionnaire (EDE-Q suomeksi)

Tutkimusnumero

Alku- vai loppukysely

- Alkukysely
- Loppukysely

Syömiskäyttäytymisen kysely (EDE-Q, Eating disorder examination questionnaire)

Seuraavat kysymykset koskevat viimeistä 4 viikkoa (28 päivää). Lue kysymykset huolellisesti ja vastaa jokaiseen kysymykseen. Kiitos!

Vastaaminen EDE-Q kyselylomakkeeseen voi aiheuttaa tutkittaville epämukavia tuntemuksia ja ahdistusta, ja tutkittavat voivat keskeyttää vastaamisen milloin tahansa.

Kysymykset 1-12: Valitse sopivin vaihtoehto jokaisen kysymyksen kohdalla. Muista, että kysymykset koskevat vain viimeistä 4 viikkoa (28 päivää). Viimeisen 28 päivän aikana, kuinka monena päivänä...

1. Olet tarkoituksella yrittänyt rajoittaa syömäsi ruoan määrää vaikuttaaksesi kehosi muotoon tai painoosi (riippumatta siitä oletko onnistunut)

- Ei yhtään
- 1-5 päivänä
- 6-12 päivänä
- 13-15 päivänä
- 16-22 päivänä
- 23-27 päivänä
- Joka päivä

2. Olet ollut pitkiä aikoja syömättä (8 tuntia tai enemmän) yrittääksesi vaikuttaa kehosi muotoon tai painoosi?

- Ei yhtään
- 1-5 päivänä
- 6-12 päivänä
- 13-15 päivänä
- 16-22 päivänä
- 23-27 päivänä
- Joka päivä

3. Olet yrittänyt välttää tiettyjä ruoka-aineita, joista pidät vaikuttaaksesi kehosi muotoon tai painoosi (riippumatta siitä oletko onnistunut)?

- Ei yhtään
- 1-5 päivänä
- 6-12 päivänä
- 13-15 päivänä
- 16-22 päivänä
- 23-27 päivänä

- Joka päivä

4. Olet yrittänyt noudattaa tiettyjä syömiseen liittyviä sääntöjä (esim. kalorirajaa), vaikuttaaksesi kehosi muotoon tai painoosi (riippumatta siitä oletko onnistunut?)

- Ei yhtään
- 1-5 päivänä
- 6-12 päivänä
- 13-15 päivänä
- 16-22 päivänä
- 23-27 päivänä
- Joka päivä

5. Olet halunnut, että vatsasi olisi tyhjä, koska olet halunnut vaikuttaa kehosi muotoon tai painoosi?

- Ei yhtään
- 1-5 päivänä
- 6-12 päivänä
- 13-15 päivänä
- 16-22 päivänä
- 23-27 päivänä
- Joka päivä

6 Olet halunnut, että vatsasi olisi aivan litteä?

- Ei yhtään
- 1-5 päivänä
- 6-12 päivänä
- 13-15 päivänä
- 16-22 päivänä
- 23-27 päivänä
- Joka päivä

7 Ajatukset ruoasta, syömisestä tai kaloreista ovat vaikeuttaneet keskittymistäsi asioihin, jotka kiinnostavat sinua (esim. työ, keskustelu tai lukeminen)?

- Ei yhtään
- 1-5 päivänä
- 6-12 päivänä
- 13-15 päivänä
- 16-22 päivänä
- 23-27 päivänä
- Joka päivä

8. Ajatukset kehon muodosta tai painosta ovat vaikeuttaneet keskittymistäsi asioihin, jotka kiinnostavat sinua (esim. työ, keskustelu tai lukeminen)?

- Ei yhtään
- 1-5 päivänä
- 6-12 päivänä
- 13-15 päivänä
- 16-22 päivänä
- 23-27 päivänä
- Joka päivä

9. Olet pelännyt menettäväsi syömisesi hallinnan

- Ei yhtään
- 1-5 päivänä
- 6-12 päivänä
- 13-15 päivänä
- 16-22 päivänä
- 23-27 päivänä
- Joka päivä

10. Olet pelännyt lihovasi

- Ei yhtään
- 1-5 päivänä
- 6-12 päivänä
- 13-15 päivänä
- 16-22 päivänä
- 23-27 päivänä
- Joka päivä

11. Olet tuntenut itsesi lihavaksi

- Ei yhtään
- 1-5 päivänä
- 6-12 päivänä
- 13-15 päivänä
- 16-22 päivänä
- 23-27 päivänä
- Joka päivä

12. Olet tuntenut voimakasta halua laihtua

- Ei yhtään
- 1-5 päivänä
- 6-12 päivänä
- 13-15 päivänä
- 16-22 päivänä
- 23-27 päivänä
- Joka päivä

Kysymykset 13-18: Kirjoita parhaiten sopiva NUMERO oikealla olevalle viivalle. Muista, ettäkysymykset koskevat vain viimeistä 4 viikkoa (28 päivää).

Viimeisen 4 viikon aikana (28 päivää)...

13. Viimeisen 28 päivän aikana, montako kertaa olet syönyt sellaisen määrän ruokaa, että muiden ihmisten mielestä määrä olisi epätavallisen suuri (olosuhteet huomioon ottaen)?

14. Kuinka monena kertana näistä kerroista koit syödessäsi, että olet menettänyt hallinnan?

15. Viimeisen 28 päivän aikana, kuinka monena päivänä sinulla on ollut tämän kaltaista ylensyöntiä (epätavallisen suuren määrän ruokaa syöminen yhdistettynä kontrollin menetyksen tunteeseen)?

16. Viimeisen 28 päivän aikana, kuinka monta kertaa olet oksentanut yrittääksesi kontrolloida kehosi muotoa tai painoasi?

17. Viimeisen 28 päivän aikana, kuinka monta kertaa olet käyttänyt laksatiiveja (ulostuslääkkeitä) yrittääksesi kontrolloida kehosi muotoa tai painoasi?

18. Viimeisen 28 päivän aikana, kuinka monta kertaa olet urheillut "pakonomaisesti" yrittääksesi kontrolloida kehosi painoa, muotoa tai rasvamäärää, tai polttaaksesi kaloreita?

Kysymykset 19-21: Valitse sopiva vaihtoehto. Huomaa, että näiden kysymysten kohdalla "ahmimisjakso" tarkoittaa sellaisen ruokamäärän syömistä, että muiden ihmisten mielestä määrä olisi epätavallisen suuri (olosuhteet huomioon ottaen), ja syömiseen yhdistyy kontrollin menettämisen tunne.

19. Viimeisen 28 päivän aikana, kuinka monena päivänä olet syönyt salaa? ...Älä laske ahmimisjaksoja

- Ei yhtään
- 1-5 päivänä
- 6-12 päivänä
- 13-15 päivänä
- 16-22 päivänä
- 23-27 päivänä
- Joka päivä

20. Kuinka usein syödessäsi olet kokenut syyllisyyttä siitä, miten ruoka vaikuttaa kehosi muotoon tai painoosi? ...Älä laske ahmimisjaksoja

- Ei yhtään
- 1-5 päivänä
- 6-12 päivänä
- 13-15 päivänä
- 16-22 päivänä
- 23-27 päivänä
- Joka päivä
-

21. Viimeisen 28 päivän aikana, kuinka huolissasi olet ollut siitä, että muut ihmiset näkevät sinun syövän? ...Älä laske ahmimisjaksoja

- Ei yhtään
- 1-5 päivänä
- 6-12 päivänä
- 13-15 päivänä
- 16-22 päivänä
- 23-27 päivänä
- Joka päivä

Kysymykset 22-28: Valitse sopiva vaihtoehto jokaisen kysymyksen kohdalla. Muista, että kysymykset koskevat vain viimeistä 4 viikkoa (28 päivää). Viimeisen 28 päivän aikana...

22. Onko painosi vaikuttanut siihen miten ajattelet itsestäsi?

- Ei lainkaan
-
- Vähän
-
- Kohtalaisesti
-
- Paljon

23. Onko kehosi muoto vaikuttanut siihen, miten ajattelet itsestäsi?

- Ei lainkaan
-
- Vähän
-
- Kohtalaisesti
-
- Paljon

24. Miten paljon järkyttyisit, jos sinua pyydetäisiin käymään vaa'alla kerran viikossa (ei useammin eikä harvemmin) seuraavan 4 viikon ajan?

- Ei lainkaan
-
- Vähän
-
- Kohtalaisesti
-
- Paljon

25. Miten tyytymätön olet ollut painoosi?

- Ei lainkaan
-
- Vähän
-
- Kohtalaisesti

-
- Paljon

26. Miten tyytymätön olet ollut kehosi muotoon?

- Ei lainkaan
-
- Vähän
-
- Kohtalaisesti
-
- Paljon

27. Miten epämukavaksi olet kokenut oman vartalosi näkemisen (esim. peilissä, näyteikkunassa, riisuessasi tai suihkussa?)

- Ei lainkaan
-
- Vähän
-
- Kohtalaisesti
-
- Paljon

28. Miten epämukavaksi olet kokenut sen, että muut näkevät vartalosi (esim. pukuhuoneessa, uimahallissa tai jos sinulla on tiukat vaatteet)?

- Ei lainkaan
-
- Vähän
-
- Kohtalaisesti
-
- Paljon

Tämän hetkinen painosi kiloina (tai paras arviosi siitä)? (merkitse xx.x)

Pituutesi senttimetreinä (tai paras arviosi siitä)? (cm)

Viimeisen 3-4 kuukauden aikana, onko sinulla jäänyt kuukautisia välistä?

- Kyllä
- Ei

Montako kertaa kuukautisesi ovat jääneet tulematta?

Syötkö e-pillereitä?

- Kyllä
- En

Kuukautiskierto voi mahdollisesti vaikuttaa fyysiseen suorituskyyyn.
Kuinka monta päivää on kuukautiskiertosi keskimäärin (paras arviosi)?

Kierron pituus lasketaan kuukautisvuodon alusta seuraavan vuodon alkuun.

Kuinka mones päivä on juuri nyt kuukautiskiertosi alusta (paras arviosi)?

Vaikuttaako kuukautiskierron vaihe mielestäsi fyysiseen suorituskyyysi?

- Kyllä
- Ei

Missä kuukautiskierron vaiheessa koet suorituskyyyn olevan parhaimmillaan?

- Vuoto
- Ovulaatio
- Follikulaarivaihe
- Luteaalivaihe
- 1-4 päivää ennen vuotoa

Missä kuukautiskierron vaiheessa koet suorituskyyyn olevan huonoimmillaan?

- Vuoto
- Ovulaatio
- Follikulaarivaihe
- Luteaalivaihe
- 1-4 päivää ennen vuotoa

Voit halutessasi täsmentää, miten kuukautiskiertosi vaihe vaikuttaa fyysiseen suorituskyyysi.

Liite 4. Ruokavaliointideksi (Health diet index).

Tutkimusnumero

Alku- vai loppukysely?

- Alkukysely
- Loppukysely

Mieti tyypillistä ruokavaliotasi ja vastaa seuraaviin syömistä ja juomista koskeviin kysymyksiin.

- A Aamupalan
- En syö
 - 1-2 päivänä
 - 3-4 päivänä
 - Joka arkipäivä
- B Lounaan
- En syö
 - 1-2 päivänä
 - 3-4 päivänä
 - Joka arkipäivä
- C Päivällisen/illallisen
- En syö
 - 1-2 päivänä
 - 3-4 päivänä
 - Joka arkipäivä
- A Aamupäivän välipalan
- En syö
 - 1-2 päivänä
 - 3-4 päivänä
 - Joka arkipäivä
- B Iltapäivän välipalan
- En syö
 - 1-2 päivänä
 - 3-4 päivänä
 - Joka arkipäivä
- C Iltapalan
- En syö
 - 1-2 päivänä
 - 3-4 päivänä
 - Joka arkipäivä
- D Muita välipaloja
- En syö
 - 1-2 päivänä
 - 3-4 päivänä
 - Joka arkipäivä

3. Kuinka monta kertaa viikossa syöt tavallisesti seuraavia ruokalajeja?

- A. Kalaruokia (esim. uunikalaa, paistettuja silakoita, kalakeittoa)
___ (kertaa viikossa)
- B. Makkararuokia (esim. uunimakkaraa, makkarakeittoa tai nakkikastiketta)
___ (kertaa viikossa)
- C. Kana- tai broileriruokia (esim. broilerin fileetä, grillibroileria, kanaviilokkia tai kanasalaattia)
___ (kertaa viikossa)
- D. Liharuokia (esim. lihakeittoa, jauhelihakastiketta, paistia, lihapullia tai maksalaatikkoa)
___ (kertaa viikossa)
- E. Kasvisruokia pääruokana (esim. kasviskeittoa, kasvispihvejä, pinaattihukaisia tai kasvissalaattia)
___ (kertaa viikossa)

4. Kuinka paljon syöt tavallisesti pikaruoka-tyyppistä ruokaa? Annos on esimerkiksi lihapiirakka, pasteija, hampurilainen, pizzapala tai 1 dl perunalastuja, popcornia tai suolapähkinöitä. Valitse seuraavista yksi sopivin vaihtoehto:

- 1 annoksen tai enemmän päivässä
- 4-6 annosta viikossa
- 1-3 annosta viikossa
- 1-3 annosta kuukaudessa
- vähemmän kuin 1 annoksen kuukaudessa tai en lainkaan

5. Mitä rasvaa kotonasi käytetään tavallisesti ruoan valmistuksessa? Valitse seuraavista yksi sopivin vaihtoehto:

- Kasviöljyä tai juoksevaa kasviöljyvalmistetta (esim. rypsiöljy, oliiviöljy tai pullomargariini)
- Margariinia, jossa 55-80 % rasvaa (esim. Flora, Becel, Keiju, Rainbow tai Kultarypsi)
- Kasvistanoli- tai kasvisterolimargariinia (Benecol, Becel ProActiv tai Keiju Alentaja)
- Talousmargariinia (esim. Sunnuntai)
- Voi-kasviöljyseosta (esim. Oivariini, Ingmariini, Keijuriini, Flora Kulta tai voin ja öljyn seos)
- Voita
- Ei mitään/kotona ei valmisteta ruokaa

6. Mitä kermaa tai kermankaltaista valmistetta kotonasi käytetään tavallisesti ruoan valmistuksessa? Valitse seuraavista yksi sopivin vaihtoehto:

- Kasvirasvasekoitetta (esim. Flora Ruoka), soijakermaa tai kaurakermaa
- Ruoanvalmistusjogurttia
- Ruokakermaa, kevytkermaa, kevytranskankermaa, kevytsmetanaa tai kermaviiliä
- Vispikermaa, kuohukermaa, ranskankermaa tai smetanaa
- Ei mitään/kotona ei valmisteta ruokaa

7. Kuinka paljon syöt tavallisesti vihanneksia ja juureksia? Annos on esimerkiksi 1 dl raastetta, salaattia tai keitettyjä vihanneksia tai 1 keskikokoinen porkkana tai 2 tomaattia. Valitse seuraavista yksi sopivin vaihtoehto:

- 3 annosta päivässä tai enemmän
- 2 annosta päivässä
- 1 annoksen päivässä
- 4-6 annosta viikossa
- 1-3 annosta viikossa
- vähemmän kuin 1 annoksen viikossa tai en lainkaan

8. Kuinka paljon syöt tavallisesti hedelmiä ja marjoja? Annos on 1 keskikokoinen hedelmä tai 1 dl tuoreita marjoja. Valitse seuraavista yksi sopivin vaihtoehto:

- 2 annosta tai enemmän päivässä
- 1 annoksen päivässä
- 4-6 annosta viikossa
- 1-3 annosta viikossa
- Vähemmän kuin 1 annoksen viikossa tai en lainkaan

9. Kuinka paljon syöt tavallisesti pähkinöitä, siemeniä ja manteleita? Annoksella tarkoitetaan 30 grammaa eli 2 ruokalusikallista. Valitse seuraavista yksi sopivin vaihtoehto:

- 2 annosta tai enemmän päivässä
- 1 annoksen päivässä
- 4-6 annosta viikossa
- 1-3 annosta viikossa
- Vähemmän kuin 1 annoksen viikossa tai en lainkaan

10. Käytätkö tavallisesti salaatinkastiketta? Valitse seuraavista yksi sopivin vaihtoehto:

- En tavallisesti käytä salaatinkastiketta
- Käytän kasviöljyä (esimerkiksi oliivi-, rypsi- tai pellavansiemenöljy) tai kasviöljypohjaista kastiketta (esimerkiksi ranskalainen tai sinappi- tai majoneesikastike)
- Käytän mehupohjaista kastiketta
- Käytän kermaviili- tai jogurttipohjaista kastiketta

11. Kuinka paljon nestemäisiä maitovalmisteita (maitoa, piimää, jogurttia, viiliä tai rahkaa) käytät tavallisesti päivässä? Merkitse määrät desilitroina (lasillinen = noin 2 dl, purkillinen = 1,25-2 dl). Jos et tavallisesti käytä jotain kysytyistä maitovalmisteista, merkitse ko. kohtiin 0 (nolla).

A. Desilitraa rasvatonta maitoa, piimää, jogurttia, viiliä tai rahkaa (rasvaa alle 1 %) päivässä _____

B. Desilitraa ykkösmaitoa tai vähärasvaista piimää (rasvaa alle 2 %) päivässä _____

C. Desilitraa keskirasvaisia valmisteita, esim.kevytmaitoa, A-piimää, kevytviiliä tai tavallista jogurttia (rasvaa alle 3 %) päivässä _____

D. Desilitraa rasvaista maitoa, piimää tai jogurttia, esim. tilamaitoa, täysmaitoa, tavallista viiliä tai Bulgarianjogurttia (rasvaa vähintään 3 %) päivässä _____

12. Kuinka paljon leipää tai muita viljavalmisteita syöt tavallisesti päivässä? Viipaleella tarkoitetaan kaupan valmisviipaleita tai puolikasta sämpylää. Jos et käytä yleensä jotain kysytyistä viljavalmisteista, merkitse kyseiseen kohtaan 0 (nolla).

A. Viipaleita ruis- tai näkkileipää päivässä _____

B. Viipaleita hiiva-, graham-, kaura- tai sekaleipää tai sämpylää päivässä _____

C. Viipaleita ranskanleipää tai patonkia päivässä _____

D. Desilitraa puuroa (esim. kaura, ruis- tai vehnähiutalepuuroa) päivässä _____

E. Desilitraa aamiaismuroja (esim. maissihiutaleita tai riisimuroja) päivässä _____

F. Desilitraa myslä päivässä _____

G. Viipaleita tavallista pullaa päivässä _____

13. Mitä rasvaa käytät tavallisesti leivällä? Valitse seuraavista yksi sopivin vaihtoehto:

- Margariinia, jossa on 30-40 % rasvaa (esim. Kevyt Becel, Flora Vähärasvaisempi, Kevyt Keiju tai KevytLevi)
- Margariinia, jossa on 55-80 % rasvaa (esim. Becel 60, Becel Gold, Flora, Keiju 60, Keiju 70 tai Keiju Rypsi)
- Kasvistanoli- tai kasvisterolimargariinia (esim. Benecol, Becel ProActiv tai Keiju Alentaja)
- Voi-kasviöljyseosta (esim. Oivariini, Ingmariini, Keijuriini tai Flora Kultra)
- Voita
- En mitään

14. Kuinka paljon syöt juustoa tavallisesti päivässä? Viipaleella tarkoitetaan juustohöylällä vedettyä noin 10 gramman viipaleita. Jos et käytä lainkaan jotain alla mainituista juustoista, merkitse kyseiseen kohtaan 0 (nolla).

A. Viipaleita juustoa, jossa rasvaa 17 % tai vähemmän (esim. Edam 10-20 %, Feta alle 20 %, Kevyt Aamupala, Magre 17 %, Oltermanni 17 %, Polar 5 % tai Polar 15 %) päivässä _____

B. Viipaleita juustoa, jossa rasvaa yli 17 % (esim. Aura, Brie, Edam yli 20 %, Emmental yli 20 %, Oltermanni tai Feta) päivässä _____

C. Viipaleita kasvirasvapohjaista juustoa (esim. Julia, Julius tai soijajuusto) päivässä _____

15. Kuinka paljon lihaleikkelettä tai leikkelemakkaraa käytät tavallisesti päivässä? Jos et käytä lainkaan jotain alla mainituista lihaleikkeleistä tai leikkelemakkaroista, merkitse kyseiseen kohtaan 0 (nolla).

A. Viipaletta (valmissiivu) lihaleikkelettä (esim. palvikinkku, keittokinkku tai kalkkunaleikkele) päivässä _____

B. Viipaletta (valmissiivu) makkaraa (esim. metwursti, lauantaimakkara, gotler tai jahtimakkara) päivässä _____

C. Kappaletta nakkia tai vastaavan määrän grillimakkaraa tai lenkkimakkaraa päivässä _____

16. Kuinka paljon syöt tavallisesti makeita leivonnaisia, jäätelöä, vanukkaita tai suklaata? Annos on esimerkiksi pala piirakkaa tai kakkua, pieni viineri tai munkki, 3-4 keksiä, jäätelötuutti, välipalavanukas tai suklaapatukka. Valitse seuraavista yksi sopivin vaihtoehto:

- 2 annosta tai enemmän päivässä
- 1 annoksen päivässä
- 4-6 annosta viikossa
- 1-3 annosta viikossa
- Vähemmän kuin 1 annoksen viikossa tai en lainkaan

17. Kuinka paljon käytät tavallisesti sokeria, hunajaa tai sokerimakeisia? Annos on esimerkiksi 2 tl sokeria tai hunajaa, 3 sokeripalaa, 5 irtokarkkia tai puolet pastilliaskista. Valitse seuraavista yksi sopivin vaihtoehto:

- 2 annosta tai enemmän päivässä
- 1 annoksen päivässä
- 4-6 annosta viikossa
- 1-3 annosta viikossa
- Vähemmän kuin 1 annoksen viikossa tai en lainkaan

18. Kuinka paljon juot tavallisesti alla mainittuja juomia keskimäärin viikossa? Jos et juo lainkaan jotain alla mainituista juomista, merkitse kyseiseen kohtaan 0 (nolla).

A. Kupillista teetä (kupillinen = 2 dl) viikossa _____

B. Kupillista kahvia (kupillinen = 1 dl) viikossa _____

C. Lasillista vettä (lasillinen = noin 2 dl) viikossa _____

D. Pullollista sokerillisia virvoitusjuomia tai energiajuomia (pullollinen = 1/3 l) viikossa _____

E. Pullollista sokerittomia virvoitusjuomia tai energiajuomia (esim. Coca Cola Light tai Jaffa Light) (pullollinen = 1/3 l) viikossa _____

F. Lasillista täysmehua (lasillinen = noin 2 dl) viikossa _____

G. Lasillista sokeroitua mehua (lasillinen = noin 2 dl) viikossa _____

H. Pullollista III olutta, ruokakaupan viiniä, siideriä tai Long Drink-juomia (alkoholia 4,7 % tai alle) (pullollinen = 1/3 l) viikossa _____

I. Pullollista A-olutta, vahvaa siideriä tai Long Drink-juomia (alkoholia yli 4,7 %) (pullollinen = 1/3 l) viikossa _____

J. Lasillista viiniä (lasillinen = 12 cl) viikossa _____

K. Annosta väkevää alkoholijuomaa, esim. vodkaa, viskiä tai konjakkia (annos = 4 cl) viikossa _____

Liite 5. Ruoankäyttökysely.

Tutkimusnumero

Alku- vai loppukysely?

- Alkukysely
- Loppukysely

Kuinka usein olet 3 viime kuukauden aikana käyttänyt seuraavia ruokia ja juomia?

Valitse jokaisen ruoan ja juoman kohdalla yksi vaihtoehto, joka kuvaa parhaiten käyttötiheyttäsi. Jos käyttämäsi annos on useimmiten pienempi tai suurempi kuin rivillä mainittu annoskoko, huomioi se arvioimalla käyttötiheys hieman todellista pienemmäksi tai suuremmaksi.

Annoskoot on merkitty sulkeisiin ruoka-aineiden perään. Huom. jokaisella rivillä on oltava vain yksi vaihtoehto valittuna. Vaihtoehdot jokaisen ruoka-aineen kohdalla ovat

Vastausvaihtoehdot: Ei Alle 1-3 Kerran 2-4 5-6 Kerran 2-3 4-5 6+
 lainkaan kerran krt/kk vko krt/vko krt/vko pv krt/pv krt/pv krt/pv

Maitovalmisteet (annos):

- Täysmaito (lasillinen)
- Kevyt- tai ykkösmaito (lasillinen)
- Rasvaton maito (lasillinen)
- Piimä (lasillinen)
- Kasvijuoma tai jogurtin kaltainen valmiste (lasillinen/1 annos)
- Jogurtti, juotava jogurtti tai viili (purkillinen/1 annos)
- Kevytjogurtti tai -viili (Mpauirtkoirlalinhekan)(1/2 purkkia)
- Proteiinirahka (1/2 purkkia)
- Juusto, höylättävä kova (2 viipaletta)
- Vähärasvainen juusto, höylättävä kova (2 viipaletta)
- Sulate- tai tuorejuusto (1 rkl)
- Erikoisjuustot (esim. homejuusto, feta) (30 g)
- Raejuusto (1 dl)
- Leipäjuusto (50 g)
- Muut maitovalmisteet (mitä ja kuinka usein):

Viljavalmisteet (annos):

- Ruisleipä (1 viipale)
- Sekaleipä, grahamsämpylä tai -paahtoleipä (1 viipale/1kpl)
- Ranskanleipä, patonki tai muu valkoinen leipä (1 viipale/1kpl)
- Näkkileipä tai hapankorppu (1 kGplul)teenittomat leivät tai leivonnaiset (1 viipale/1 kpl)
- Puurot tai vellit (lautasellinen)
- Aamiaismurot tai Weetabix (lautasellinen)
- Mysli (3-4 rkl)
- Leseet (1 rkl)
- Karjalanpiirakka (1 kpl)
- Suolainen piirakka (1 annos)

- Pulla tai korppu (1 kpl)
- Wieneri tai munkki (1 kpl)
- Makea piirakka (1 annos)
- Kakku, muffinssi, kääretorttu tai leivos (1 annos)
- Pikkuleivät tai keksit (2 kpl)
- Muut viljavalmisteet (mitä ja kuinka usein):

Leivän päällä käytettävät rasvat (annos):

- Voi (1-2 tl)
- Voi-kasviöljyseos (esim. Oivariini) (1-2 tl)
- Margariini (Esim. Keiju 70, Flora Kulta, Becel 60) (1-2 tl)
- Kevytlevite (Esim. Kevyt Levi 40, Kevyt Becel 38) (1-2 tl)
- Benecol, Becel ProActiv tai Alentaja (1-2 tl)
- Muut rasvavaihtoaineet (mitä ja kuinka usein):

Kasvikset (annos):

- Tomaatti (1 kpl)
- Kurkku (3 cm pala)
- Paprika (2 rengasta)
- Vihersalaatti ruukku- tai keräsalaatista (1 annos)
- Kiinan-kaali-, valko-, tai punakaalisalaatti (1 annos)
- Salaattikastike (öljy, öljy- tai majoneesipohjainen) (1-2 rkl)
- Kermaviilipohjainen salaattikastike (1 annos)
- Kevyt-salaattikastike (1 annos)
- Majoneesipohj. salaatti (esim. peruna-, punajuurisalaatti) (1 annos)
- Porkkana tai lanttu (sellaisenaan tai keitetty) (1 kpl/1 annos)
- Kesäkurpitsa (1 annos)
- Kukka- tai parsakaali (1 annos)
- Sekavihannekset (1 annos)
- Herneet tai pavut (1 annos)
- Soijapapu- tai tofutuote (1 annos)
- Kasviproteiinivaihtoaineet (esim. härkäpapuvaihtoaine) (1 annos)
- Etikkasäilytykset kasvikset (1 annos)
- Kaaliruokat (1 annos)
- Kasviskeitot (lautasellinen)
- Kasvispihvit, -laatikot, padat tai kasvisohukaiset (1 annos)
- Sienet tai sieniruokat (1 annos)
- Muut kasvikset (mitä ja kuinka usein):

Peruna, riisi ja pasta (annos):

- Keitetty peruna tai uuniperuna (2 kpl)
- Perunasose tai perunasoselaatikko (1 annos)
- Paistetut tai ranskalaiset perunat (1 annos)
- Kermaiset perunalaatikot (1 annos)
- Keitetty riisi tai risotto (1 annos)
- Pasta, makaronilaatikko tai lasagne (1 annos)

Liharuoat (annos):

- Jauheliharuoat (1 annos)
- Palaliha/suikalelihakastike (1 annos)
- Naudanlihapihvi tai paisti (1 annos)
- Porsaankyljys tai -leike (1 kpl)
- Pekoni tai siankylki (2 viipaletta)
- Maksa- tai veriruoat (1 annos)
- Lampaanliha (1 annos)
- Poro tai riista (1 annos)
- Makkararuoat, lenkki tai nakit (1 annos)
- Hernekeitto (lautasellinen)
- Liha- tai makkarakeitto (lautasellinen)
- Pizza (myös kasvispizza) (1 annos)
- Hampurilainen (myös kasvishampurilainen) (1 kpl)
- Ketsuppi (2 rkl)
- Sinappi (2 rkl)
- Leikkelemakkarat (2 viipaletta)
- Kokolihaleikkeet (1 viipale)
- Maksamakkara tai -pasteija (1 cm pala)
- Muut liharuoat (mitä ja kuinka usein):

Kalaruoat (annos):

- Kalakeitto (lautasellinen)
- Pakastekala tai kalapuikot (1 annos)
- Lohi- tai kirjolohiruoat (1 annos)
- Silakkaruoat (1 annos)
- Kuha, siika, ahven, muikku tai hauki (1 annos)
- Savustettu kala (esim. siika, lohi tai kirjolohi) (1 annos)
- Mauste- tai suolakala (1 annos)
- Tonnikala tai muu säilykekala (1/2 dl)
- Katkarapu tai äyriäiset (1 dl)
- Muut kalaruoat (mitä ja kuinka usein):

Broileri, kalkkuna ja kananmuna (annos):

- Broileri- tai kalkkunaruoat (1 annos):
- Keitetty kananmuna (1 kpl)
- Paistettu muna tai munakas (1 annos)

Hedelmät ja marjat (annos):

- Appelsiini tai greippitäysmehu (1 lasillinen)
- Muut hedelmätäysmehut (1 lasillinen)
- Sitruhedelmät tai kiivi (1 kpl) Omena tai päärynä (1 kpl)
- Banaani (1 kpl)
- Viinirypäleet tai tuoreet luumut (1 annos)
- Ananas (2 viipaletta)

- Marjat (sellaisenaan tuoreena tai pakasteena) (1 annos)
- Muut hedelmät (mitä ja kuinka usein)

Jälkiruoat (annos):

- Marjakeitto tai -kiisseli (1 annos)
- Rahkajälkiruoka (1 annos)
- Maitopohjaiset kiisselit tai vanukkaat (1 annos)
- Ohukaiset tai pannukakku (1 annos)
- Jäätelö (1 annos)
- Muut jälkiruoat (mitä ja kuinka usein):

Makeiset ja muut naposteltavat (annos):

- Suklaa (1 patukka)
- Lakritsi tai salmiakki (1 dl)
- Muut sokerimakeiset (1 dl)
- Ksylitolimakeiset (esim. purukumi, pastilli) (2 tyynyä/pastillia)
- Kuivatut hedelmät (1 annos)
- Pähkinät tai siemenet (1 annos)
- Perunalastut tai popcorn (3 dl)
- Muut makeiset ja naposteltavat (mitä ja kuinka usein):

Juomat (annos):

- Suodatin- tai pikakahvi (1 kupillinen)
- Pannukahvi (1 kupillinen)
- Erikoiskahvi (esim. espresso, latte, Frezza) (1 kupillinen/annos)
- Tee (esim. musta, yrtti) (1kupillinen)
- Kermaa kahvissa tai teessä (1-2 rkl)
- Maitoa kahvissa tai teessä (1-2 rkl)
- Kasviuomaa kahvissa tai teessä (esim. kaurajuoma) (1-2 rkl)
- Sokeria tai hunajaa kahvissa tai teessä (2 palaa/1 tl)
- Kaakao (1 kupillinen)
- Marjamehu (lasillinen)
- Virvoitusjuoma, sokeriset (3 dl)
- Virvoitusjuomat, sokerittomat (light) (3dl)
- Energiajuomat (pullo/tölkki)
- Vesijohtovesi (lasillinen)
- Pullotettu vesi tai kivennäisvesi (3 dl)
- Kotikalja tai I-olut
- Olut (pullo/tölkki)
- Siideri (pullo/tölkki)
- Juomasekoitukset (esim. Long drink) (pullo/tölkki)
- Punaviini (12 cl)
- Valkoviini (12 cl)
- Vahva viini tai likööri (4 cl)
- Väkevät alkoholijuomat (4 cl)
- Muut juomat (mitä ja kuinka usein):

Oletko käyttänyt vitamiini-, kivennäisaine- tai muita ravintolisiä 12 viime kuukauden aikana?

Vastausvaihtoehdot:

En käytä

Satunnaisesti tai
kuukausittain

Päivittäin tai lähes
päivittäin

- Monivitamiini- ja kivennäisainevalmiste
- B-vitamiinivalmiste (esim. folaatti)
- C-vitamiinivalmiste
- D-vitamiinivalmiste
- Kalsiumvalmiste
- Magnesiumvalmiste
- Rasvahappovalmiste

Käytätkö lisäravinteita (esim. proteiini jauhevalmiste, kreatiinilisä tms.)?

- Kyllä
- En

Jos vastasit KYLLÄ, kerro lyhyesti mitä ja kuinka paljon/usein?
